

А.Г. Аленицын, Е.И. Бутиков

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ
СЛОВАРЬ-СПРАВОЧНИК**

Том 1. Русско-англо-немецкий словарь

Справочное пособие в трёх томах, ориентированное на учащихся старших классов общеобразовательных и специализированных школ, студентов вузов и технических университетов, молодых специалистов в области физики, математики и техники.

Том 1 — толковый словарь, состоящий приблизительно из 4500 статей на русском языке, посвященных наиболее важным терминам и понятиям из математики и физики; каждый термин сопровождается переводом на английский и немецкий языки.

Том 2 — англо-русский словарь.

Том 3 — немецко-русский словарь.

Об авторах

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

А

Å: см. *ангстрем*.

ábелева грóуппа: то же, что *коммутативная группа*.

Áбель (Niels Henrik Abel, 1802–1829): норвежский математик. Доказал, что *алгебраические уравнения* выше четвертой степени в общем случае неразрешимы в радикалах. Заложил основы теории *эллиптических функций*; исследовал интегралы, названные по его имени абелевыми интегралами.

аберра́ции / aberrations // Aberrationen *pl*, Abbildungsfehler *pl*: в оптике — искажения, погрешности изображений, формируемых *оптическими системами*. Аберрации проявляются в том, что оптические изображения не точно соответствуют объектам. Различают следующие виды аберраций: 1) сферическая аберрация, возникающая из-за того, что световые лучи от одной точки объекта, прошедшие вблизи *оптической оси* системы, и лучи, прошедшие на некотором расстоянии от оси, не собираются в одной точке; 2) кома, возникающая при косом прохождении световых лучей через оптическую систему; 3) астигматизм, возникающий при искажении фронта сферической волны, в результате которого кривизна фронта во взаимно перпендикулярных плоскостях становится различной и лучи света от одной точки объекта пересекаются по двум взаимно перпендикулярным отрезкам, отстоящим на некоторое расстояние; 4) дисторсия, проявляющаяся

в нарушении геометрического подобия между объектом и его оптическим изображением; 5) кривизна поля изображения, при которой точки плоского объекта отображаются на искривленной поверхности; 6) хроматическая aberrация, возникающая вследствие зависимости показателя преломления линз от длины волны света и приводящая к радужной окраске контуров изображаемых предметов.

Устранение aberrаций представляет собой трудную задачу. Рассчитывая оптические системы, стремятся, в зависимости от их назначения, избавиться от особенно вредных недостатков и мирятся с неполным устранением других. В построении систем, свободных от тех или иных aberrаций, инструментальная оптика достигла поразительных результатов. Однако волновая природа света, проявляющаяся в *дифракции* на диафрагмах и оправках линз и зеркал, приводит к принципиально неустранимым несовершенствам оптических изображений.

Aberrации присущи также электронным линзам и другим электронно-оптическим системам. Здесь искажения изображений возникают вследствие разброса электронов в пучке по энергиям, дифракции электронов, эффектов пространственного заряда.

абзац / paragraph, indentation // Absatz *m*: 1) отступ в начале строки текста, т.е. красная строка; 2) часть текста между двумя красными строками.

абсолютная величина / absolute value, modulus, module // Absolutbetrag *m*, Betrag *m*, absoluter Betrag, Modul *m*: абсолютная величина числа — то же, что *модуль* этого числа.

абсолютная влажность воздуха / absolute humidity of air // absolute Luftfeuchtigkeit: плотность водяного пара в воздухе, выраженная в г/м³. При температуре воздуха 15° С максимальное содержание пара (насыщенный пар) составляет 15,6 г/м³. См. также *относительная влажность воздуха*.

абсолютная шкала температур / absolute temperature scale // absolute Temperaturskala: термодинамическая температурная шкала *Кельвина*, введенная в 1848 г. английским физиком У. Томсоном (Кельвином), в которой единица (1 К) совпадает с единицей температуры в шкале *Цельсия* (1° С), а начало шкалы расположено на –273,16 К ниже температуры тройной точки воды (0,01° С), т.е. «абсолютный нуль» равен –273,15° С. По представлениям классической физики, при абсолютном нуле энергия теплового (хаотического) движения молекул равна нулю. По квантовым представлениям частица, заключенная в некоторой ограниченной области пространства, в силу *соотношений неопределенностей* не может находиться в состоянии покоя, т.е. совершает так называемые *нулевые колебания*. В квантовой статистической физике в системах *фермионов* (частиц с

полуцелым спином) в основном энергетическом состоянии, т.е. состоянии с наинизшей энергией, могут находиться только две частицы с противоположными спинами. Остальные частицы заполняют все нижние энергетические уровни вплоть до некоторого максимального, называемого *уровнем Ферми*. С приближением температуры к абсолютному нулю стремятся к нулю значения тепловых характеристик вещества: *энтропии*, *теплоёмкости*, коэффициента теплового расширения и др.

абсолютно интегрируемый / absolutely integrable // absolut integrierbar: функция $f(x)$ называется абсолютно интегрируемой, если *интегрируема* её *абсолютная величина* $|f(x)|$. При этом, если рассматривается *интеграл Римана* на отрезке $[a, b]$, то из интегрируемости $f(x)$ следует интегрируемость $|f(x)|$ и справедливо неравенство

$$\left| \int_a^b f(x) dx \right| \leq \int_a^b |f(x)| dx. \quad (*)$$

Функция может быть абсолютно интегрируема (по Риману), но при этом неинтегрируема, как показывает пример функции, равной 1 при всех рациональных x и равной -1 при всех иррациональных x .

Если интеграл по отрезку $[a, b]$ понимается как *интеграл Лебега*, то интегрируемость функции равносильна её абсолютной интегрируемости, и справедливо неравенство (*). В случае *несобственных интегралов* Римана или Лебега по промежутку $[a, \infty)$ (при условии интегрируемости функции $f(x)$ на любом отрезке $[a, \beta]$, $a < \beta < \infty$) из существования $\int_a^\infty |f(x)| dx$ вытекает существование $\int_a^\infty f(x) dx$ (но не наоборот), при этом имеет место неравенство (*) с $b = \infty$. Аналогично обстоит дело и с несобственным интегралом по ограниченному промежутку $[a, b)$ от функции, имеющей бесконечный разрыв при $x = b$.

абсолютно непрерывная функция / absolutely continuous function // absolut stetige Funktion: усиление понятия *непрерывной функции*. Функция $f(x)$, определённая на отрезке $[a, b]$, называется абсолютно непрерывной, если для любого числа $\epsilon > 0$ существует число $\delta > 0$ такое, что для любой конечной системы попарно непересекающихся интервалов $(a_k, b_k) \subset (a, b)$, $k = 1, 2, \dots, n$, для которой $\sum_{k=1}^n (b_k - a_k) < \delta$, справедливо неравенство $\sum_{k=1}^n |f(b_k) - f(a_k)| < \epsilon$. При $n = 1$ данное определение совпадает с определением непрерывной функции. Абсолютно непрерывная на отрезке $[a, b]$ функция $f(x)$: 1) *равномерно непрерывна* на $[a, b]$; 2) является *функцией ограниченной вариации*; 3) имеет *почти всюду* на $[a, b]$ *производную*. Пример непрерывной, но не абсолютно непрерывной функции: $f(x) = x \sin \frac{1}{x}$ при $x \neq 0$, $f(0) = 0$.

абсолютно твёрдое тело / perfectly rigid body // absolut starrer Körper: модель физической системы, широко применяемая в механике, согласно которой все расстояния между частицами тела предполагаются неизменными при его движении. Условия применимости этой модели к конкретному телу зависят от характера решаемой задачи.

абсолютно упругий удар / perfectly elastic collision // absolut elastischer Stoß: столкновение макроскопических тел или микрочастиц, при котором внутреннее состояние тел (частиц) остается неизменным. При абсолютно упругом ударе выполняются законы сохранения импульса и механической энергии.

абсолютно чёрное тело, чёрное тело, полный излучатель / black body, complete radiator, full radiator, Planckian radiator // schwarzer Strahler, Hohlraumstrahler *m*: тело, полностью поглощающее весь падающий на него *поток излучения*. Коэффициент поглощения абсолютно черного тела равен единице (не зависит от длины волны излучения). Хорошим приближением к абсолютно черному телу может служить сосуд с небольшим отверстием: луч, попадающий в такой сосуд через отверстие, после многократных отражений от внутренних стенок оказывается полностью поглощённым. Спектральный состав излучения абсолютно черного тела подчиняется *формуле Планка*.

абсолютный нуль / absolute zero // absoluter Nullpunkt: абсолютный нуль температуры — начало отсчета термодинамической *абсолютной шкалы температуры*, расположенное на $-273,16$ К ниже температуры тройной точки воды ($0,01^\circ$ C), т.е. при $-273,15^\circ$ C.

абсорбция / absorption // Absorption *f*: поглощение вещества из раствора или из смеси газов твёрдым телом или жидкостью, причем поглотитель поглощает вещество всей своей массой.

абстрактный / abstract // abstrakt: отвлеченный, не конкретный.

абсцисса / *x*-coordinate, abscissa // *x*-Koordinate *f*, Abszisse *f*: *x*-координата точки в *декартовой системе координат*.

автоколебания / self-oscillations, self-excited oscillations, self-sustained oscillations // selbsterregte Schwingungen *pl*: незатухающие *колебания* в нелинейной диссипативной системе (т.е. системе с рассеянием энергии, описываемой нелинейным уравнением), содержащей внутренний источник энергии. Вид и свойства автоколебаний определяются самой системой. Для поддержания автоколебаний не требуется периодического воздействия извне. Примерами автоколебаний могут служить колебания маятника в часах или тока в радиотехническом генераторе, колебания скрипичной струны при равномерном движении смычка, колебания воздуха в органной трубе.

автомат / automaton // Automat *m*: в *информатике*: конечный автомат

(КА) — математическая модель устройства с конечной памятью, преобразующего дискретную информацию. КА имеет входной и выходной каналы и в каждый момент дискретного времени находится в одном из возможных состояний. По входному каналу поступают сигналы (буквы входного алфавита), по выходному каналу КА выдает сигналы в виде букв выходного алфавита, при этом КА переходит в другое состояние. Конечный автомат является одним из важнейших видов кибернетических (т.е. управляющих) систем.

автоно́мная систе́ма / autonomous system // autonomes System: система *обыкновенных дифференциальных уравнений*, у которых правая часть не содержит явно независимой переменной t : $\frac{d}{dt}\vec{x} = \vec{f}(\vec{x})$, где $\vec{x} = \vec{x}(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbf{R}^n$, $\vec{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n) \in \mathbf{R}^n$, $t \in \mathbf{R}$. Векторное пространство $\mathbf{R}^n$ называется фазовым пространством, переменную t обычно называют временем. Когда t пробегает все значения $t \geq t_0$, точка $\vec{x}(t)$ пробегает в фазовом пространстве кривую, называемую фазовой траекторией, выходящей из точки $\vec{x}(t_0)$, или орбитой точки $\vec{x}(t_0)$. В частном случае $n = 2$ автономную систему $x'(t) = f(x, y)$, $y'(t) = g(x, y)$ можно заменить одним дифференциальным уравнением $g(x, y)dx - f(x, y)dy = 0$.

К автономным системам приводятся многие задачи из механики. Например, дифференциальное уравнение $mx''(t) = f(x(t), x'(t))$, описывающее в соответствии со 2-м законом Ньютона движение материальной точки вдоль оси Ox под действием силы $f(x, x')$, не зависящей явно от времени t , приводится заменой $x_1 = x$, $x_2 = x'$ к автономной системе $x'_1 = x_2$, $x'_2 = \frac{1}{m}f(x_1, x_2)$. В этом случае фазовое пространство представляет собой плоскость Ox_1x_2 . Периодическое движение изображается на фазовой плоскости замкнутой фазовой траекторией, в частности, *гармоническому колебанию* соответствует *эллипс*. Автономные системы представляют собой частный случай *динамических систем*.

а́вторское пра́во / copyright // Autorenrecht n : совокупность юридических норм, регулирующих имущественные отношения, возникающие в связи с созданием произведений литературы, науки или искусства. Произведение, защищённое законом об авторском праве, снабжается значком ©

авторефе́ра́т / author's abstract // Autoreferat n : *реферат*, написанный автором (например, автореферат кандидатской диссертации).

агрега́тное состоя́ние / aggregate state // aggregater Zustand: агрегатные состояния — состояния одного и того же вещества, переходы между которыми сопровождаются скачкообразными изменениями его физических свойств (плотности, свободной энергии, энтропии и т.д.). Вещество может находиться в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Четвертым агрегатным состоянием вещества часто считают *плазму*. В

современной физике вместо понятия агрегатного состояния пользуются более широким понятием *фазы* вещества. Переходы из одной фазы в другую называются *фазовыми переходами*.

аддитивность / additivity / Additivität *f*: свойство величины, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений этой величины, соответствующих частям объекта при любом его (конечном) разбиении; например, аддитивность объёма тела. См. также *счётно-аддитивная функция*.

адекватный / adequate // adäquat: соответствующий. В физике: адекватное описание — описание явления (или физической системы) на основе модели, достаточно точно отражающей его сущность.

адиабата / adiabat // Adiabate *f*: линия на термодинамической диаграмме, с помощью которой изображается равновесный (квазистатический) *адиабатический процесс*.

адиабатический процесс / isentropic process, adiabatic process // adiabatischer Prozess: процесс, при котором отсутствует *теплообмен* системы с окружающей средой благодаря наличию теплоизолирующей (адиабатной) оболочки или из-за быстроты протекания процесса. При обратимых адиабатических процессах *энтропия* системы постоянна.

адмиттанс / admittance // Admittanz *f*, Scheinleitwert *m*: отношение действующего значения силы *переменного тока* в участке электрической цепи к действующему значению напряжения на этом участке.

адрон / hadron // Hadron *n*: общее название всех *элементарных частиц*, участвующих в *сильных взаимодействиях*.

адсорбция / adsorption // Adsorption *f*: поглощение некоторого вещества из газовой смеси или раствора поверхностным слоем твердого тела или жидкости.

азот / nitrogen // Stickstoff *m*: газ, элемент *периодической системы химических элементов* (N, номер 7).

аккумулятор / accumulator, (storage) cell [элемент]; (storage) battery [батарея] // Akkumulator *m*, Akku *m*: устройство для накопления энергии с целью ее использования при необходимости. В электрических аккумуляторах в процессе зарядки под действием протекающего тока накапливается химическая энергия, которая впоследствии отдается во внешнюю электрическую цепь в виде электрической энергии.

аккуратно / accurately, exactly, neatly // genau, akkurat: точно, чётко; без помарок.

акр / акре [сокр: 1 а.] // Acre *m*: единица площади в *английской системе единиц*; 1 акр = 160 квадратных *родов* = 4840 квадратных *ярдов* $\approx 4047 \text{ м}^2$.

аксиома / axiom, postulate // Axiom *n*: основное положение, самоочевидный

принцип, постулат. В дедуктивных теориях аксиомы — основные исходные положения теории, из которых дедуктивно (т.е. путем чисто логических рассуждений) извлекаются все остальные положения теории.

аксио́ма паралле́льных Евкли́да: см. *пятый постулат Евклида*.

актíвность / activity // Aktivität *f*: деятельность.

аку́стика / acoustics // Akustik *f*: учение о *звуке* — область физики, исследующая излучение, распространение и взаимодействие с веществом упругих колебаний и волн.

акце́птор / acceptor // Akzeptor *m*: примесный атом в *полупроводнике*, который способен захватить электрон из валентной зоны, что эквивалентно появлению положительно заряженного носителя тока — *дырки*.

а́лгебра / algebra // Algebra *f*: раздел математики, посвященный изучению алгебраических операций (простейшие из которых — сложение и умножение чисел). Вплоть до середины 19-го века алгебра занималась изучением *алгебраических уравнений* и *систем уравнений*, позднее область алгебраических исследований чрезвычайно расширилась. Предметом изучения современной алгебры являются *множества* с введенными в них операциями. Один из наиболее важных объектов, изучаемых в алгебре — *группы*, а также *кольца*, *поля*, *векторные пространства*. Термин «алгебра» применяется также и для обозначения *алгебраических систем*.

алгебра́йческая систе́ма / algebraic system // algebraisches System: *множество* с введенными на нём *операциями* и *отношениями*. Пример: множество целых чисел с двумя операциями — умножение и сложение, и отношением — сравнением чисел по величине.

алгебра́йческая структу́ра / algebraic structure // algebraische Struktur: см. *основные структуры*.

алгебра́йческая тополóгия / algebraic topology // algebraische Topologie: область математики, в которой изучаются такие свойства геометрических фигур (и любых объектов, для которых имеет смысл понятие непрерывности) и их отображений, которые не меняются при непрерывных деформациях; определяющую роль в этом изучении играют алгебраические методы. Основные классы изучаемых объектов: комплексы (многогранники, *полиэдры*); *многообразия* (дифференцируемые, аналитические и др.); косые произведения (*расслоения*) и их сечения. Изучаемые вопросы носят, как правило, качественный характер, а свойства объектов — глобальный характер.

а́лгебра мнóжеств / set algebra // Mengenalgebra *f*: непустая совокупность *E* *подмножеств* некоторого *множества M* называется алгеброй множеств, если *E* замкнута относительно теоретико-множественных операций (объединения, пересечения и образования дополнения), производимых над подмножествами в конечном числе; замкнутость означает, что результат операции — подмножество, принадлежащее *E*. Если совокупность *E* замкнута при выполнении конечного

или *счётного* числа операций, то она называется σ -алгеброй множеств. Примеры: совокупность конечных объединений интервалов числовой оси вида $[a, b)$, где $-\infty \leq a < b \leq +\infty$, образует алгебру множеств; совокупность *измеримых* по Лебегу подмножеств числовой оси образует σ -алгебру.

алгебраическое дополнѐние, адъюнкта / cofactor, signed minor, algebraic adjunct // Adjunkte f , algebraisches Komplement, Kofaktor m : алгебраическое дополнение элемента квадратной *матрицы* равно, по определению, *минору* этого элемента, если сумма номера строки и номера столбца данного элемента чётна, и равно минус этому минору, если указанная сумма нечётна. Теорема: *определитель* матрицы равен сумме произведений элементов какой-либо строки (какого-либо столбца) на соответствующие алгебраические дополнения.

алгебраическое уравнѐние / algebraic equation // algebraische Gleichung: алгебраическое уравнение степени n имеет вид $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0$ (*), где x — неизвестное, $a_n, \dots, a_0$ — коэффициенты (вообще говоря, *комплексные числа*), и $a_n \neq 0$. Основная теорема алгебры: всякое алгебраическое уравнение степени $n > 0$ имеет на *комплексной плоскости* $x \in \mathbb{C}$ хотя бы один *корень*. Следствие: уравнение (*) имеет на комплексной плоскости ровно n корней, если каждый q -кратный корень считать q раз. (Корень ξ называется q -кратным, если многочлен $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ делится на $(x - \xi)^q$ и не делится на $(x - \xi)^{q+1}$). Если все коэффициенты — *вещественные числа*, уравнение (*) имеет смысл рассматривать на вещественной оси $x \in (-\infty, +\infty)$. При этом уравнение нечётной степени ($n = 2l + 1$) всегда имеет хотя бы один вещественный корень. Комплексные корни всякого уравнения с вещественными коэффициентами — попарно *сопряжённые числа*.

алгебраическое числѐ / algebraic number // algebraische Zahl: *комплексное число* (в частности, *вещественное число*) называется алгебраическим числом, если оно является корнем какого-нибудь *полинома* с рациональными коэффициентами. Очевидно, все *рациональные числа* — алгебраические; *иррациональные числа* подразделяются на алгебраические числа (например, $\sqrt{2}$) и *трансцендентные числа* (например, π). Сумма, разность, произведение и частное двух алгебраических чисел — число алгебраическое. Корни всякого полинома, коэффициенты которого — алгебраические числа, являются также алгебраическими числами.

Алгѐл, алгѐл / Algol // ALGOL n : *язык программирования*. Один из первых алгоритмических языков высокого уровня — Алгол-60, созданный в середине 20-го века с целью написания программ для вычислительных машин в виде, удобном для программиста тем, что запись команд приближена к обычному математическому виду.

алгорѐзм / algorithm // Algorithmus m : строго определённая последовательность

операций, команд или предписаний, предназначенная для решения какой-либо задачи или множества задач.

алгоритм Евклида / algorithm of Euclid, Euclidean algorithm // euclidischer Algorithmus: правило, позволяющее найти *наибольший общий делитель* (сокр: НОД) двух *натуральных чисел* или двух *многочленов*. Именно, пусть m и n — натуральные числа, причём $m > n$. Делим с остатком m на n , получаем остаток r_1 ; если $r_1 = 0$, то НОД = n , а если $r_1 \neq 0$, то делим с остатком n на r_1 , получаем остаток r_2 . Если $r_2 = 0$, то НОД = r_1 , а если $r_2 \neq 0$, то делим с остатком r_1 на r_2 , и так далее, пока очередной остаток не будет равен нулю, при этом последний делитель и есть НОД. Например, $v = 3780$, $n = 600$, $r_1 = 180$, $r_2 = 60$, $r_3 = 0$, следовательно, НОД = 60.

алеф / aleph // Aleph n : символ $\aleph$, буква древнееврейского алфавита; этот символ используют при обозначении *мощности множеств*.

алмаз / diamond // Diamant m : природный или синтетический кристалл *углерода*.

альтернатива / alternative // Alternative f : выбор между двумя исключающими друг друга возможностями; в теории *игр* — одна из позиций, в которую, согласно правилам игры, можно перейти из данной позиции за один ход.

альфа-излучение / alpha radiation, alpha emission // Alphastrahlung f : поток α -частиц (ядер *гелия*), испускаемых при радиоактивном распаде некоторых ядер. При α -распаде заряд ядра уменьшается на две единицы элементарного заряда, а массовое число — на четыре единицы. Известно более 200 α -радиоактивных ядер. Энергия α -частиц, испускаемых тяжелыми радиоактивными ядрами, составляет 4 – 9 МэВ.

альфа-распад / alpha decay // Alphazerfall m : самопроизвольное испускание *альфа-частиц* атомными ядрами.

альфа-частица / alpha particle // Alphateilchen n : ядро атома гелия, испускаемое некоторыми радиоактивными ядрами в процессе *альфа-распада*.

алюминий / aluminium // Aluminium n : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Al, номер 13).

аморфное вещество / amorphous substance // amorphe Substanz, amorpher Stoff: твёрдое вещество, у которого, как и у жидкости, отсутствует дальний порядок в расположении атомов или молекул. При этом ближайшие соседи располагаются в некотором порядке, называемом «ближним порядком», в отличие от дальнего порядка, характерного для *кристаллов*. Аморфные вещества *изотропны*. Для них характерно отсутствие точки плавления: при повышении температуры аморфное вещество размягчается и переходит в жидкость постепенно. Аморфное состояние образуется при быстром охлаждении расплава (например, при быстром охлаждении расплава

кварца получают аморфное кварцевое стекло).

ампéр (А) / ampere // Ampere *n*: единица силы тока в *системе СИ*. Названа в честь французского физика Ампера (André-Marie Ampère, 1775–1836). Ампер равен силе постоянного тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, создал бы между этими проводниками силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины. $1 \text{ А} = 3 \cdot 10^9$ ед. гауссовой системы СГС.

ампермётр / ammeter, amperemeter // Amperemeter *n*: прибор для измерения силы *электрического тока*. Амперметр включается в цепь тока последовательно. Для уменьшения искажающего влияния на результат амперметр должен обладать малым внутренним сопротивлением.

амплитúда / amplitude // Amplitude *f*: наибольшее отклонение (от среднего значения) величины, совершающей колебательное движение, например, наибольшее отклонение *маятника* от положения равновесия, наибольшее напряжение или сила *переменного тока*. При *гармонических колебаниях*, когда $x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$, амплитуда равна $|A|$.

амплитúдная модуля́ция, АМ / amplitude modulation // Amplitudenmodulation *f*, АМ: медленное по сравнению с периодом колебаний изменение *амплитуды* колебаний. Используется в радиосвязи, телевидении и радиовещании, где колебания высокой (несущей) частоты подвергаются модуляции сигналом на низкой (например, звуковой) частоте.

ана́лиз / analysis // Analyse *f*: метод исследования, состоящий в расчленении сложного объекта (предмета или явления) на составные части и изучения каждой части отдельно.

аналити́ческая геомéтрия / analytical geometry // analytische Geometrie: раздел *геометрии*, изучающий свойства линий и поверхностей при помощи исследования их уравнений, связывающих координаты точек этих линий или поверхностей.

аналити́ческая фúнкция / analytic function // analytische Funktion: функция $f(z)$ *комплексного переменного* z , имеющая *производную* $f'(z)$ во всех точках рассматриваемой области. *Однозначная* аналитическая функция называется также *регулярной функцией*. В результате *аналитического продолжения* может возникнуть *многозначная* аналитическая функция.

аналити́ческие весы́ / analytical balance // Analysenwaage *f*, Feinwaage *f*: прибор для определения *массы* тела по действующей на него силе тяжести. Наиболее распространенные в лабораториях рычажные аналитические весы снабжаются рядом устройств для повышения точности и скорости взвешивания.

аналити́ческое многообра́зие / analytical manifold // analytische

Mannigfaltigkeit: *многообразие*, атлас карт которого является аналитическим, т.е. переход от одной карты к соседней задается аналитическим отображением.

аналитическое продолжение / analytic continuation, analytic completion // analytische Fortsetzung: расширение области определения *регулярной функции* путем присоединения соседних областей, при условии сохранения регулярности функции в окрестности каждой точки. Для аналитического продолжения применяют, в частности, перестройку формулы, которой исходная функция была задана в окрестности данной точки. Например, если задать регулярную функцию $w = \ln(1+z)$ в круге $|z| < 1$ суммой степенного ряда $w = z - \frac{1}{2}z^2 + \frac{1}{3}z^3 - \frac{1}{4}z^4 + \dots$ и заметить, что эта сумма равна $\int_0^z \frac{d\zeta}{1+\zeta} = \ln|z+1| + i \arg(z+1)$, то можно с помощью этого представления аналитически продолжать логарифм по любому пути, не пересекающему точку $z = -1$. Аналитически продолженная функция может оказаться многозначной, как в данном примере: если переменная точка z обойдет вокруг *точки ветвления* $z = -1$ и вернется на исходное место, то $\ln(1+z)$ получит новое значение, отличающееся от исходного на величину $2\pi i$.

аналогично / analogously, similarly, by analogy with // analog, ähnlich: подобно, похоже.

английская система единиц, британско-американская система мер / English system of units // angelsächsisches System der Maßeinheiten: принятая в Великобритании и США система единиц, из которых важнейшие:

1) единицы длины: *линия, дюйм, фут, ярд, род, миля*; 2) единицы площади: квадратный дюйм, квадратный фут, квадратный ярд, *акр*, квадратная миля; 3) единицы объема: *джилль, пинта, кварта, пек, галлон, бушель, баррель*; 4) единицы массы: *унция, фунт, стоун, тонна*; 5) единица температуры: градус *Фаренгейта*.

ангстрём / angström // Angström n , Angströmeinheit f : внесистемная единица длины, равная 10^{-10} м = 10^{-8} см = 0,1 нм; обозначение: Å. Употребляется в оптике и атомной физике. Названа в честь шведского физика-спектроскописта Ангстрема (Anders Jons Ångström, 1814–1874).

анизотропия / anisotropy // Anisotropie f : неодинаковость свойств вещества (механических, оптических, электрических, магнитных и т.д.) по различным направлениям. *Кристаллы* анизотропны, *аморфные* вещества *изотропны*. Причина анизотропии кристаллов — существование в них дальнего порядка в расположении атомов или молекул.

анион / anion, negative ion // Anion n : отрицательно заряженный ион, возникающий из нейтрального атома при присоединении к нему одного или нескольких электронов.

аннигиляция / annihilation // Annihilation f : аннигиляция пары

частица-античастица (например, *электрона* и *позитрона*) — превращение частиц вещества в излучение (в *фотоны*, или γ -кванты). При высоких энергиях (превышающих некоторое пороговое значение) легкие частицы могут аннигилировать с образованием более тяжелых частиц.

анно́тация / annotation, synopsis, summary // Überblick *m*, Zusammenfassung *f*: краткая характеристика книги, статьи, излагающая их содержание и дающая (иногда) оценку.

анну́лировать / annul, cancel, nullify, abrogate // annullieren: отменять, уничтожать, прекращать; обращать в нуль.

ано́д / anode, plate // Anode *f*: электрод электронного или ионного прибора, соединяемый с положительным полюсом источника. Анодом также называют положительный электрод источника электрического тока (гальванического элемента, аккумулятора, генератора постоянного тока).

антагонистическая игра́ / zero-sum two-person game // Zweipersonen-Nullsummenspiel *n*, antagonistisches Spiel: *игра* двух игроков с нулевой суммой.

антивещество́, антиматерия / antimatter // Antimaterie *f*: материя, построенная из *античастиц*. Ядра атомов вещества состоят из *протонов* и *нейтронов*, а электроны образуют оболочку атома. В антивеществе ядра состоят из антипротонов и антинейтронов, а оболочку атома антивещества образуют *позитроны*. Некоторые легкие ядра антивещества получены в экспериментах на ускорителях. Сколько-нибудь значительных скоплений антивещества в наблюдаемой части Вселенной пока не обнаружено. Важный для астрофизики вопрос о распространённости антивещества во Вселенной остается открытым.

антикоммутативность / anticommutativity // Antikommutativität *f*: для операции умножения (символ $*$) антикоммутативность означает, что $a*b = -b*a$. Антикоммутативностью обладает, например, *векторное произведение*.

антикоммутативный / anticommutative // antikommutativ: обладающий *антикоммутативностью*.

антинейтри́но / antineutrino // Antineutrino *n*: *античастица* по отношению к *нейтрино*.

антинейтро́н / antineutron // Antineutron *n*: *античастица* по отношению к *нейтрону*.

антину́клон / antinucleon // Antinukleon *n*: *античастица* по отношению к *нуклону*.

антипро́тон / antiproton // Antiproton *n*: стабильная элементарная частица, *античастица* по отношению к *протону*.

антисимметри́ческий, кососимметрический / antisymmetric, skew-symmetrical // antisymmetrisch, schiefsymmetrisch: функция $f(x_1, \dots, x_n)$

называется антисимметрической, если в результате перестановки любых двух её аргументов значение функции умножается на (-1) :

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{m-1}, x_m, x_{m+1}) = \\ = -f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_m, x_{k+1}, \dots, x_{m-1}, x_k, x_{m+1}). \end{aligned}$$

Примеры антисимметрических функций: 1) *определитель* как функция своих столбцов и как функция своих строк; 2) *смешанное произведение* как функция векторов-сомножителей.

античастицы / antiparticles // Antiteilchen *pl*: совокупность *элементарных частиц*, имеющих те же значения масс и некоторых других физических характеристик (спина, изотопического спина, времени жизни), что и соответствующие им частицы, но отличающихся от них знаком некоторых характеристик взаимодействий (электрического заряда, магнитного момента, барионного заряда, лептонного заряда и др.). Столкновение частицы и античастицы приводит к их *аннигиляции*. Частица, для которой все характеристики, отличающие ее от античастицы, равны нулю, называется истинно нейтральной. В этом случае античастица совпадает со своей частицей (фотон, π^0 -мезон).

апериодический процесс / aperiodic process, nonperiodic process // aperiodischer Prozess: любой процесс, в котором изменение состояния системы не может быть описано периодической функцией времени.

апертура / aperture // Apertur *f*, Blende *f*: действующее отверстие *оптической системы*, определяемое размерами линз, зеркал или диафрагмами.

апостериорный / posterior, a posteriori, based on experience // A-posteriori-: основанный на данных опыта, учитывающий результат эксперимента.

апостериорная вероятность: см. *формула Бейеса*.

апофема 1) apothem, short radius, radius of the inscribed circle // Radius des Inkreises, Inkreisradius *m*, Apothema *n*: в правильном *многоугольнике* — радиус вписанной окружности; 2) apothem, slant height // Höhe der Seitenfläche: в правильной *пирамиде* — высота боковой грани.

аппарат / apparatus, device // Apparat *m*: техническое устройство, прибор, например, *фотоаппарат*.

апплика́та / *z*-coordinate // Applikate *f*, Kote *f*, *z*-Koordinate *f*: *z*-координата точки в *декартовой системе координат*.

аппроксимация / approximation, approach // Approximation *f*, Näherung *f*, Annäherung *f*: замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным. Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых объектов. Например, при аппроксимации *подынтегральной функции* полиномом получаются относительно простые *квадратурные*

формулы, позволяющие приближённо вычислять *определённые интегралы* практически от любых функций.

аппроксимировать / approximate // annähern, approximieren: выполнять *аппроксимацию*, приближать.

априорный / prior, a priori, not based on experience // A-priori: изначальный, основанный на первоначальных положениях, не использующий данных опыта.

априорная вероятность: см. *формула Бейеса*.

ар [сокр: а], сотка / are // Ar n : единица площади в *метрической системе единиц*; 1 ар = 100 кв.м; 100 аров составляют 1 гектар.

аргон / argon // Argon n : *инертный газ*, элемент *периодической системы химических элементов* (Ar, номер 18).

аргумент 1) argument // Argument n : рассуждение, довод, доказательство; 2) independent variable, argument // unabhängige Variable, Argument n : независимая переменная — переменная, от которой зависят значения функции; 3) phase, polar angle, angle argument, amplitude // Argument n , Phase f , Amplitude f : полярный угол, аргумент *комплексного числа*.

арифметика / arithmetics, number theory // Arithmetik f , Zahlenlehre f : область знаний о числах и операциях в числовых *множествах*. Элементарная арифметика имеет дело с операциями: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, извлечение корня, логарифмирование, а также с конечными последовательностями, в частности, с конечными *арифметической прогрессией* и *геометрической прогрессией*. Теория чисел (наука о целых числах) — важная составная часть современной арифметики.

арифметическая прогрессия / arithmetical progression // arithmetische Progression, arithmetische Folge: числовая последовательность $\{a_n\}$ (конечная или бесконечная), каждый член которой получается из предыдущего члена прибавлением постоянного ненулевого числа d , называемого разностью прогрессии: $a_{n+1} = a_n + d$; число a_1 называется первым членом а.п. Если $d > 0$ ($d < 0$), прогрессия называется возрастающей (убывающей). Например, числа 7, 11, 15, 19, ... образуют возрастающую а.п. с разностью 4 и первым членом 7; числа 7, 4, 1, -2, -5 образуют убывающую а.п. с разностью -3 и первым членом 7. Свойство членов а.п. (при $n \geq 2$): $a_n = \frac{1}{2}(a_{n-1} + a_{n+1})$, т.е. каждый член равен полусумме предыдущего и последующего членов. Формула общего члена: $a_n = a_1 + (n-1)d$. Сумма членов а.п., начиная с первого члена: $a_1 + a_2 + \dots + a_n = \frac{1}{2}(a_1 + a_n)n = na_1 + \frac{1}{2}n(n-1)d$.

арка 1) arc // Bogen m : дуга, часть *кривой*; 2) arch // Gewölbe n : сводчатое перекрытие.

аркфункция / inverse trigonometric function, arc-function // Arkfunktion f , zyklometrische Funktion: то же, что тригонометрическая *обратная*

функция, см. *арккосинус, арксинус, арккотангенс, арктангенс*.

арккóсинус / arccosine, arc cosine, inverse cosine, anticossine // Arkuskosinus m , Arkuskosinusfunktion f : функция, обратная к *косинусу*: если $y = \cos x$, $0 \leq x \leq \pi$, то $x = \arccos y$. Арккосинус обозначают также $\cos^{-1}$.

арксíнус / arcsine, arc sine, inverse sine, antisine // Arkussinus m , Arkussinusfunktion f : функция, обратная к *синусу*: если $y = \sin x$, $-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$, то $x = \arcsin y$. Арксинус обозначают также $\sin^{-1}$.

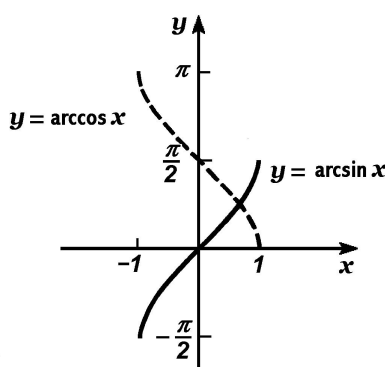


Рис. 1: Арксинус и арккосинус

арккотáнгенс / arccotangent, arc cotangent, inverse cotangent, anticotangent // Arkuskotangens m , Arkuskotangensfunktion f : функция, обратная к *котангенсу*: если $y = \operatorname{ctg} x$, $0 < x < \pi$, то $x = \operatorname{arccotg} y$. Арккотангенс обозначают также $\cot^{-1}$.

арктáнгенс / arctangent, arc tangent, inverse tangent, antitangent // Arkustangens m , Arkustangensfunktion f : функция, обратная к *тангенсу*: если $y = \operatorname{tg} x$, $-\pi/2 < x < \pi/2$, то $x = \operatorname{arctg} y$. Арктангенс обозначают также $\tan^{-1}$.

Архимéд (Archimedes, 287–212 до н.э.): древнегреческий математик и физик. Открыл закон гидростатики (*закон Архимеда*), закон равновесия рычага, изобрел водяной насос («архимедов винт») и др. Из математических работ Архимеда наибольшее значение имеет вычисление длин кривых, площадей и объёмов посредством изобретенных им методов, которые предвосхитили анализ бесконечно малых.

асимметрíя / asymmetry, skewness // Asymmetrie f : несимметричность.

асимптóта / asymptote // Asymptote f : асимптота кривой линии, имеющей ветвь, простирающуюся в бесконечность, — прямая линия, к

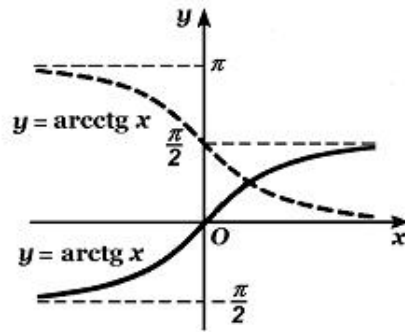


Рис. 2: Арктангенс и арккотангенс

которой эта ветвь неограниченно приближается при стремлении точки кривой к бесконечности. Если кривая, имеющая наклонную асимптоту $y = kx + b$, задана уравнением $y = f(x)$, то $k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x}$, $b = \lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - kx)$. Если x_0 — точка бесконечного разрыва функции $f(x)$, то прямую $x = x_0$ называют вертикальной асимптотой.

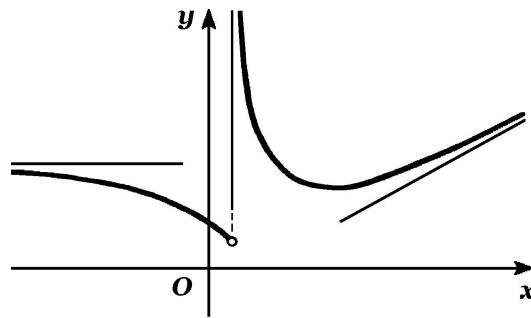


Рис. 3: Асимптоты

асимптотика / asymptotics, asymptotic behavior // Asymptotik f , asymptotisches Benehmen: приближённое представление функции в окрестности какой-либо *предельной точки* области её определения, в частности, в окрестности бесконечности.

асимптотика интегралов / asymptotics of integrals // Asymptotik der Integrale: приближённые представления для некоторых видов определённых *интегралов*, зависящих от параметра, при стремлении параметра к бесконечности. Для интеграла типа *Лапласа* $F(t) = \int_a^b f(x)e^{tS(x)} dx$, где $[a, b]$ — отрезок числовой оси, $S(x)$ («фаза») и $f(x)$ («амплитуда») — гладкие вещественные

функции, t — параметр, $t \rightarrow +\infty$, вид асимптотических формул зависит от поведения функции $S(x)$ на отрезке $[a, b]$. Пусть $S(b)$ — наибольшее значение $S(x)$ на отрезке $[a, b]$, причём $S'(b) > 0$ и $S(x) < S(b)$ при $x < b$. Тогда при $t \rightarrow +\infty$ имеет место формула

$$F(t) = \frac{e^{tS(b)}}{tS'(b)} \left(f(b) + O\left(\frac{1}{t}\right) \right),$$

где $O(\mu)$ означает бесконечно малую величину порядка не ниже, чем μ (см. *порядковые символы*). Если максимальное значение функции $S(x)$ достигается внутри промежутка (a, b) , то формула усложняется.

Интегралы типа *Фурье* имеют вид $F(t) = \int_a^b f(x) e^{itS(x)} dx$, где $[a, b]$ — отрезок числовой оси, $S(x)$ («фаза») и $f(x)$ («амплитуда») — гладкие вещественные функции, t — параметр, $t > 0$, i — мнимая единица (см. *комплексные числа*). Вид асимптотических формул для функции $F(t)$ при $t \rightarrow +\infty$ также зависит от поведения функции $S(x)$ на отрезке $[a, b]$. В частности, если $S'(x) \neq 0$ на отрезке $[a, b]$, то при $t \rightarrow +\infty$ имеет место формула

$$F(t) = \frac{e^{itS(b)}}{itS'(b)} f(b) - \frac{e^{itS(a)}}{itS'(a)} f(a) + O\left(\frac{1}{t^2}\right).$$

асимптотическая фóрмула / asymptotic formula // asymptotische Formel: формула, содержащая *порядковые символы*: o (читается: «о-малое»), O (читается «О-большое»), знак *эквивалентности* $\sim$. Примеры: $\sin x = x + o(x^2)$, $x \rightarrow 0$; $\operatorname{tg} x = x + O(x^3)$, $x \rightarrow 0$; $x^3 + x + 1 \sim x^3$, $x \rightarrow \infty$.

асимптотическое поведение: то же, что *асимптотика*.

асимптотическое представлѐние / asymptotic representation // asymptotische Darstellung: конечное *асимптотическое разложение* вида $f(x) = \phi_1(x) + o(\phi_1(x))$, обычно записываемое формулой $f(x) \sim \phi_1(x)$.

асимптотическое разложѐние / asymptotic expansion // asymptotische Entwicklung: приближение функции в виде асимптотического ряда. Пусть область определения функции $f(x)$ — множество D , имеющее предельную точку x_0 (возможен случай $x_0 = \infty$). Последовательность функций $\phi_1(x), \phi_2(x), \dots$ называется асимптотической при $x \rightarrow x_0$, если $\phi_{n+1}(x) = o(\phi_n(x))$ при $x \rightarrow x_0$ для всех $n = 1, 2, \dots$ (Формула вида $f(x) = o(g(x))$ означает, что $f(x)/g(x) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow x_0$, см. *порядковые символы*). Примеры: (а) x^n при $x \rightarrow 0$; (б) $\ln x, \ln \ln x, \ln \ln \ln x, \dots$ при $x \rightarrow +\infty$.

Говорят, что функция $f(x)$ имеет при $x \rightarrow x_0$ асимптотическое разложение по последовательности $\{\phi_n(x)\}$, и пишут $f(x) \sim \sum_{k=1}^{\infty} a_k \phi_k(x)$, $x \rightarrow x_0$, если для каждого $n = 1, 2, \dots$ выполняется соотношение $f(x) =$

$\sum_{k=1}^n a_k \phi_k(x) + o(\phi_n(x)), \quad x \rightarrow x_0, \quad (*)$ где $a_1, a_2, \dots$ — некоторые числа (коэффициенты разложения). При этом бесконечный ряд может быть расходящимся, однако асимптотические разложения часто оказываются весьма полезными для приближения функций, поскольку на практике обычно применяется формула $(*)$ с конечным числом слагаемых в сумме, т.е. с каким-либо фиксированным значением $n \geq 1$. Конечное разложение $(*)$ с $n = 1$ называется асимптотическим представлением функции $f(x)$.

аспира́нт / post-graduate student // Aspirant m , Doktorant m : окончивший высшее учебное заведение и продолжающий обучение с целью подготовки к научно-исследовательской или педагогической деятельности.

ассоциати́вность / associativity // Assoziativität f , Assoziativgesetz n : сочетательность, сочетательный закон, свойство алгебраической операции. Ассоциативность сложения выражается равенством $a + (b + c) = (a + b) + c$, ассоциативность умножения — равенством $a(bc) = (ab)c$.

ассоциати́вный / associative // assoziativ: обладающий свойством ассоциативности. Например, произведение матриц ассоциативно, векторное произведение векторов не ассоциативно.

астеро́ид / asteroid // Planetoid n , Asteroid n : одна из разновидностей небольших небесных тел Солнечной системы, обращающихся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Самый крупный астероид (Церера) имеет 770 км в поперечнике, самые малые из открытых — менее 1 км. В Солнечной системе обнаружены десятки тысяч астероидов; большинство из них сосредоточено в пределах пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера. Астероиды наблюдают при помощи телескопов; невооружённым глазом бывает виден только астероид Веста.

астро́ида / astroid // Astroide f : плоская кривая, уравнение которой в декартовых координатах имеет вид $x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}$.

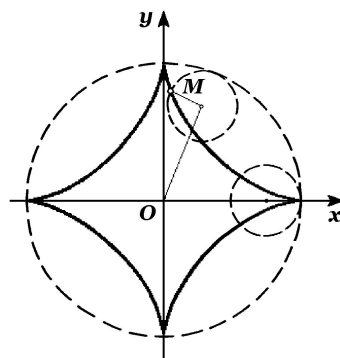


Рис. 4: Астроида

астро́номия / astronomy // Astronomie *f*: наука о строении и развитии небесных тел, систем небесных тел и Вселенной в целом. Астрономия изучает также материю, находящуюся в межзвездном и межпланетном пространстве.

астрофíзика / astrophysics // Astrophysik *f*: раздел *астрономии*, который занимается исследованием физического состояния и химического состава небесных тел. Основные проблемы астрофизики — разработка теории звёздных атмосфер, внутреннего строения *звёзд*, источников их энергии и процессов эволюции, *нейтронных звёзд* и *чёрных дыр*, динамики звёздных взрывов, процессов в массивных ядрах *галактик*, а также в межзвёздной материи.

áтлас / atlas // Atlas *m*: в математике: атлас карт — совокупность локальных координатных систем и функций, с помощью которых *дифференцируемое многообразие* локально отображается в евклидово пространство.

атмосфе́ра / atmosphere // Atmosphäre *f*: атмосфера Земли — слой *воздуха*, окружающий земной шар и вращающийся вместе с ним, толщиной около 300 км. В земной атмосфере содержится около 10^{44} молекул (в основном азота и кислорода). Нижний слой атмосферы, называемый тропосферой, простирается до высоты 10–12 км (в умеренных широтах), 12–18 км (над экватором). На высоте 20–25 км расположен слой *озона*, предохраняющий земные организмы от вредного *ультрафиолетового излучения* Солнца. Стратосфера простирается от границы тропосферы до высоты около 80 км; выше расположена ионосфера, состоящая из *ионов* и нейтральных *молекул*. Каждая планета Солнечной системы имеет свою атмосферу, свойства которой сильно отличаются от земной атмосферы и различны у разных планет.

áтом / atom // Atom *n*: наименьшая частица *химического элемента*, являющаяся носителем его химических свойств. Атом состоит из *ядра* и движущихся вокруг него *электронов*. Размер атома (порядка 10^{-10} м) много больше размеров ядра и определяется размером его электронной оболочки. Заряд ядра — основная характеристика атома (порядковый номер в периодической системе элементов), определяющая общее число электронов и принадлежность атома к химическому элементу. Общий заряд электронов (отрицательный) равен по модулю заряду ядра, так что атом представляет собой электрически нейтральную систему. Электронная оболочка атома подчиняется квантово-механическим законам, и ее *внутренняя энергия* может принимать лишь определённые дискретные значения. Переход атома из одного стационарного состояния в другое происходит скачкообразно путем *квантового перехода*. Связываясь друг с другом непосредственно или в составе молекул, атомы образуют жидкие и твердые тела.

áтомная бóмба / atomic bomb, nuclear bomb, A-bomb // Atombombe

f: оружие массового поражения, действие которого основано на цепной реакции деления ядер урана-235 или плутония-239. Первая атомная бомба была сброшена с военного самолёта США на японский город Хиросима (Hiroshima) 6 августа 1945 года. Погибли десятки тысяч жителей; оставшиеся в живых многие годы страдали от последствий радиоактивного облучения.

атóмная едини́ца ма́ссы / atomic mass unit [сокр: a.m.u.] // Atom-masseneinheit *f*: за атомную единицу массы принимают $\frac{1}{12}$ массы изотопа углерода C-12, что в единицах СИ составляет приблизительно $1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг.

атóмная масса / atomic mass // Atommasse *f*: значение массы *атома*, выраженное в *атомных единицах массы*. Наиболее точный метод измерения атомных масс — масс-спектрометрический. Атомные массы *изотопов* одного химического элемента различны; за атомную массу химического элемента принимают среднее значение атомной массы изотопов с учетом их процентного содержания в природной смеси.

áтомная фíзика, атóмная физика / atomic physics // Atomphysik *f*: раздел физики, в котором изучают строение и свойства *атомов* и элементарные процессы с их участием, определяемые *электромагнитными взаимодействиями* (уровни энергии атомов и их характеристики, излучательные и безызлучательные *квантовые переходы*, возбуждение атома и атомные столкновения, поведение атомов во внешних полях). Теоретическую основу атомной физики составляет *квантовая механика*.

áтомное ядро́, атóмное ядро / atomic nucleus // Atomkern *m*: центральная массивная часть атома, состоящая из *протонов* и *нейтронов* (нуклонов). Общее число нуклонов в ядре называется массовым числом *A*. Число протонов называется зарядовым числом *Z*. Заряд ядра *Ze* равен суммарному заряду входящих в его состав протонов (*e* — элементарный электрический заряд). Число нейтронов в ядре $N = A - Z$. Нуклоны в ядре удерживаются вместе короткодействующими *ядерными силами*. Размеры ядра порядка $10^{-12} - 10^{-13}$ см. Масса атомного ядра примерно в 4 тысячи раз больше массы всех входящих в состав атома электронов. Плотность ядерного вещества составляет около 10^{14} г/см³ (для сравнения — плотность воды 1 г/см³). Атомное ядро было открыто английским физиком Резерфордом (Ernest Baron Rutherford of Nelson, 1871–1937, нобелевский лауреат 1908) в 1911 году в опытах по рассеянию α -частиц при прохождении их через вещество.

áтомный вес / atomic weight // Atomgewicht *n*: устаревшее название *атомной массы*.

áтомный реáктор, я́дерный реактор / nuclear reactor // Kernreaktor *m*, Atomreaktor *m*: установка, в которой поддерживается управляемая *цепная реакция* деления ядер одного из *изотопов* урана или плутония.

При этом выделяется большое количество энергии, используемой для промышленных целей. Основными частями ядерного реактора являются активная зона, где находится ядерное топливо и протекает ядерная реакция; отражатель нейтронов, окружающий активную зону; теплоноситель; система регулирования цепной реакции; радиационная защита.

аттра́ктор / attractor // Attraktor *m*, Anziehungspunkt *m*: в теории *динамических систем* — ограниченное инвариантное подмножество фазового пространства, которое асимптотически устойчиво, т.е. все траектории из некоторой его окрестности стремятся к нему при $t \rightarrow +\infty$. Подмножество M называется инвариантным, если всякая траектория, проходящая через какую-нибудь точку $w \in M$, целиком лежит в M . «Странный аттрактор» / strange attractor // seltsamer Attraktor: аттрактор сложной структуры, см. *хаотический аттрактор*.

аффинное преобразование / affine transformation // affine Abbildung: преобразование *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$, переводящее прямые линии в прямые линии. При этом параллельные прямые переходят в параллельные, пересекающиеся — в пересекающиеся. Аффинное преобразование можно задать формулой $y_i = (x_0)_i + \sum_{k=1}^n a_{ik}x_k$, где $i = 1, \dots, n$; a_{ik} — элементы невырожденной квадратной *матрицы*; $(x_0)_1, \dots, (x_0)_n$ — координаты фиксированного *вектора* $\vec{x}_0 \in \mathbf{R}^n$; $x_1, \dots, x_n$ — координаты произвольного вектора $\vec{x} \in \mathbf{R}^n$ относительно какого-нибудь *базиса* в пространстве $\mathbf{R}^n$.

аэродина́мика / aerodynamics // Aerodynamik *f*: наука, изучающая законы движения воздуха (или другого газа) и силы, возникающие на поверхности тел, относительно которых происходит его движение. Одна из основных задач аэродинамики — разработка летательных аппаратов.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Б

ба́за да́нных / data base // Datenbank *f*: большое собрание фактов, сведений, данных (обычно в компьютере), организованных по какому-либо признаку с целью дальнейшего использования.

ба́зис / basis // Basis *f*: в n -мерном *линейном пространстве* X — любой набор *линейно независимых* векторов $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$. Всякий вектор $\vec{x}$ пространства X разлагается по базису: $\vec{x} = \sum_k x_k \vec{e}_k$, и такое разложение единственно. В n -мерном *евклидовом пространстве* базис можно составить из n попарно *ортogonalных* векторов. Понятие базиса обобщается на

бесконечномерные пространства.

ба́йесова фо́рмула, байесова формула: см. *формула Бейеса*.

байт / byte // Byte *n*: единица информации, применяемая при работе с компьютерами; один байт состоит из 8 битов и одного «контрольного» бита (С-бит). $2^{10} = 1024$ байта = 1 килобайт (КБ), 1024 КБ = 1 мегабайт (МБ), 1024 МБ = 1 гигабайт (ГБ).

ба́нахово простран́ство / Banach space // Banachraum *m*: полное нормированное векторное пространство. Векторное пространство X называется нормированным, если в нём введена норма $\|x\|$, $x \in X$. Нормированное пространство называется полным, если любая его фундаментальная последовательность имеет предел, и этот предел является элементом пространства X . Всякое гильбертово пространство является банаховым. Примеры банаховых пространств: 1) пространство l_1 , элементы которого — числовые последовательности $x = \{\xi_n\}$, для каждой из которых $|\xi_1| + \dots + |\xi_n| + \dots < \infty$, с нормой $\|x\| = \sum_{n=1}^{\infty} |\xi_n|$; 2) пространство $C[a, b]$ непрерывных на конечном промежутке $[a, b]$ функций $f(x)$ с нормой $\|f\| = \max_{a \leq t \leq b} |f(t)|$; 3) пространство $V[a, b]$ функций ограниченной вариации $f(x)$ на конечном промежутке $[a, b]$ с нормой $\|f\| = |f(a)| + V_a^b f(x)$.

бар / bar // Bar *n*: внесистемная единица давления. $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 750,076 \text{ мм ртутного столба}$.

бари́оны / baryons // Baryonen *pl*: группа «тяжелых» элементарных частиц с полуцелым спином и массой не меньше массы протона. Протон — единственный стабильный и самый легкий барион — в 1836 раз тяжелее электрона. Нейтрон в свободном состоянии нестабилен, однако в связанном состоянии внутри стабильных атомных ядер он стабилен. Барионы участвуют во всех известных фундаментальных взаимодействиях (сильном, слабом, электромагнитном, гравитационном); в любых наблюдавшихся процессах выполняется закон сохранения барионного заряда, т.е. числа барионов: разность между числом барионов и антибарионов (античастиц, соответствующих барионам) остается неизменной.

баро́метр / barometer // Barometer *n*: прибор для измерения атмосферного давления. Наибольшее распространение получили ртутный барометр и барометр-анероид, который состоит из упругого баллона, из которого выкачан воздух, и механической или электрической системы, регистрирующей изменение объёма баллона при изменении атмосферного давления.

ба́ррель / barrel [сокр: bbl] // Barrel *n*: единица объёма в английской системе единиц. Употребляется: в Великобритании — только для сыпучих веществ, при этом $1 \text{ баррель} = 163,65 \text{ литра}$; в США — для сыпучих и для жидких веществ, причём $1 \text{ баррель} = 31\frac{1}{2} \text{ галлона} = 119,24 \text{ литра}$.

В США, кроме того, существует ещё «нефтяной баррель», равный 42 галлонам, или 158,76 литра.

барьер / barrier // Barriere f , Wall m : в квантовой механике: *потенциальный барьер* — локальный максимум *потенциала*, препятствующий частице, обладающей меньшей энергией, пролететь через соответствующую область пространства. См. также *туннельный эффект*.

бегущая волна / travelling wave // Wanderwelle f : распространение в пространстве какой-либо физической величины (физического поля). См. также *волна* и *стоячая волна*.

безвихревой / irrotational // wirbelfrei: в математике: *векторное поле* $\vec{A}$ называется безвихревым, если его *ротор* равен нулю: $\text{rot} \vec{A} = \vec{0}$. Безвихревое поле потенциально: существует скалярная функция $u(x, y, z)$ такая, что $\vec{A} = \text{grad } u$.

безвихревое течение, потенциальное течение / irrotational flow // wirbelfreie Strömung: движение жидкости, при котором каждый малый ее объем перемещается поступательно, без вращения.

без потёри общности / without loss of generality // ohne Beschränkung der Allgemeinheit [сокр: o.B.d.A.]: оборот речи, употребляемый в математических текстах, например: «мы можем без потери общности ограничиться рассмотрением отрезка $[0, 1]$ ».

безразмерный / dimensionless // dimensionslos: в физике: величина, не имеющая размерности (в данной системе единиц). Например, относительный *показатель преломления* света, логарифмический *декремент затухания осциллятора* и т.п.

безусловная сходимость, абсолютная сходимость / unconditional convergence, absolute convergence // unbedingte Konvergenz, absolute Konvergenz: говорят, что числовой *ряд* $a_1 + a_2 + \dots$ сходится безусловно (или «абсолютно»), если сходится ряд $|a_1| + |a_2| + \dots$, составленный из модулей членов исходного ряда. Если ряд сходится безусловно, то он сходится и в обычном смысле, т.е. существует конечный $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n a_k$. Теорема: При любой перестановке членов безусловно сходящегося ряда его сумма не меняется.

Бейеса формула: см. *формула Бейеса*.

Бейсик, бейсик / Basic // BASIC n : один из *языков программирования*. Благодаря простоте конструкций и близости вида записи формул к обычному математическому виду этот язык особенно удобен для первого знакомства с программированием и для написания небольших по объёму программ.

беккерель, Бк / becquerel, Bq // Becquerel n : единица *СИ* активности источника *радиоактивного излучения*. 1 Бк равен активности *нуклида*, при которой за 1 с происходит один акт распада. Единица названа в

честь французского физика Беккереля (Antoine-Henri Becquerel, 1852–1908). $1 \text{ Бк} = 2,703 \cdot 10^{-11} \text{ кюри} = 10^{-6} \text{ резерфорда}$.

бел, Б / bel, В // Bel *n*: единица СИ логарифмической относительной величины. По определению, значение p_1 физической величины (в беллах) составляет $\lg \frac{p_1}{p_0}$ Б по сравнению со значением p_0 той же величины. Применяется в акустике, радиотехнике и др. Названа в честь американского учёного Белла (Alexander Graham Bell, 1847–1922). На практике часто используется более мелкая единица, *децибел*, равная 0,1 Б.

белый карлик / white dwarf // weißer Zwerg: компактная звезда с массой порядка массы Солнца и радиусом порядка 1% радиуса Солнца. Белые карлики образуются как конечный продукт эволюции звезды (с начальной массой меньше 5 масс Солнца) после исчерпания запасов термоядерного горючего. Существование белых карликов возможно благодаря устойчивому равновесию сил гравитации и давления вырожденного газа электронов (см. *статистика Ферми–Дирака*).

белый свет / white light // weißes Licht: электромагнитное излучение сложного спектрального состава, вызывающее у людей с нормальным цветовым зрением нейтральное (в цветовом отношении) ощущение. Ощущение белого света можно получить смешением двух излучений так называемых дополнительных цветов или излучений трех *основных цветов* (например, красного, зеленого и синего), взятых в определенном количественном отношении. Истинно белым светом можно назвать равновесное тепловое излучение, т. е. излучение *абсолютно чёрного тела* (при температуре около 5500 К), спектральный состав которого описывается *формулой Планка*. Примерно такой спектральный состав имеет рассеянное излучение Солнца, а также излучение непрозрачных твердых и жидких тел, нагретых до высокой температуры.

белый шум / white noise // weißes Rauschen: акустические (звуковые) колебания с *непрерывным спектром*, в котором колебания разных частот представлены примерно одинаково, например, шум водопада. Назван по аналогии с *белым светом*.

бéрег разрёза, край разреза / border [or: bank, edge] of a cut // Schnittufer *n*, Ufer *n*: см. *риманова поверхность*.

берýллий / beryllium // Beryllium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Be, номер 4). Самый легкий элемент в группе щелочноземельных металлов.

Берну́лли (Bernoulli): швейцарское семейство, давшее миру ряд выдающихся математиков и физиков. Наиболее известные члены семейства: Jakob (1654–1705), заложивший основы *вариационного исчисления* и внесший большой вклад в создание *теории вероятностей*, и Daniel (1700–1782),

изучавший проблемы *гидродинамики*.

бесконечная десятичная дробь / infinite decimal, non-terminating decimal // unendlicher Dezimalbruch: нецелое число, десятичная запись которого бесконечна. Примеры: *рациональное* число $1/3 = 0,333333\dots$, *иррациональное* число $\sqrt{2} = 1,4142135\dots$ См. также *периодическая дробь*.

бесконечно / infinitely, indefinitely, endlessly, ad infinitum, to infinity // unendlich, ad infinitum: без конца, неограниченно.

бесконечно большой / infinitely great, infinite // unendlich groß: бесконечно большая последовательность — *последовательность*, имеющая бесконечный *предел*, например, $\{\lg n\}$. Бесконечно большая функция — функция, имеющая бесконечный предел в рассматриваемой точке, например, $1/\sin x$ при $x \rightarrow 0$. «Бесконечно большая порядка m » / infinitely great of order m // unendlich groß von m -ter Ordnung.

бесконечно малый / infinitely small, infinitesimal // unendlich klein, infinitesimal: бесконечно малая последовательность (infinitesimal sequence // Nullfolge f) — *последовательность*, имеющая нулевой *предел*, например, $\{1/n\}$. Бесконечно малая функция — функция, имеющая нулевой предел в рассматриваемой точке, например, $1 - \cos x$ при $x \rightarrow 0$. «Бесконечно малая порядка m » / infinitesimal of order m // infinitesimal von m -ter Ordnung.

бесконечность / infinity // Unendlich n , Unendlichkeit f : понятие, возникающее в различных разделах математики в основном как противопоставление понятию конечного. Понятие «бесконечность» используется в аналитических и геометрических теориях для обозначения «несобственных» или «бесконечно удаленных» элементов, в теории множеств и математической логике при изучении «бесконечных множеств».

бесконечный / infinite, indefinite, unbounded, endless, interminable // unendlich, endlos: не имеющий конца, неограниченный.

бесполезный / useless // nutzlos, unnütz: не дающий нужного эффекта.

беспорядок 1 / disorder, confusion, chaos // Unordnung f : отсутствие порядка, нарушение порядка, хаос.

беспорядок 2 / inversion // Inversion f , Umstellung f : в *комбинаторике*: беспорядок, или инверсия в *перестановке* — пара элементов, расположенных друг относительно друга не в исходном порядке.

беспорядочно / irregularly, randomly, in a random manner // chaotisch, durcheinander, ungeordnet: в беспорядке, хаотично, случайным образом.

бесселевы функции: то же, что *цилиндрические функции*.

Бéссель (Friedrich Wilhelm Bessel, 1784–1846): немецкий астроном и математик. В математике с его именем связаны, в частности, *неравенство Бесселя*, *уравнение Бесселя* и *функции Бесселя*. Бессель усовершенствовал учёт погрешности астрономических измерений, что существенно повысило

их точность. Впервые (1838 г.) измерил расстояние до звёзд.

бёта-излучёние, β -излучение / beta radiation, beta emission // Betastrahlung f , β -Strahlung f : поток бета-частиц (электронов или позитронов), испускаемых атомными ядрами при *бета-распаде*.

бёта-распад / beta-decay // Betazerfall m : самопроизвольные (спонтанные) превращения *нейтрона* в *протон* и протона в нейтрон внутри *атомного ядра* (а также превращение в протон свободного нейтрона), сопровождающиеся испусканием электрона или позитрона и электронных *антинейтрино* или *нейтрино*. Бета-распад обусловлен *слабым взаимодействием*.

бёта-фун́кция / beta-function // Beta-Funktion f : эйлеров интеграл 1-го рода, $B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1}(1-t)^{y-1} dt$. Выражается через *гамма-функцию*:

$$B(x, y) = \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}.$$

библиогра́фия / bibliography, list of papers // Bibliografie f : список цитированной или рекомендованной литературы, обычно в конце статьи или книги.

библиоте́ка / library // Bibliothek f , Bücherei f : собрание книг и других информационных материалов.

бие́кция, биективное отображение / bijection, bijective mapping // Bijektion f , bijektive Abbildung: *взаимно однозначное* отображение.

бие́ния / beats, beating, pulsation // Schwebung f : *колебания* с периодически изменяющейся амплитудой. В частности, биения возникают в результате наложения двух *гармонических колебаний*, частоты которых близки друг другу. Частота биений (beat frequency // Schwebungsfrequenz f) равна разности частот данных колебаний.

биквадра́тное уравне́ние / biquadratic equation // biquadratische Gleichung: уравнение вида $x^4 + bx^2 + c = 0$ называется биквадратным; оно сводится к *квадратному уравнению* подстановкой $y = x^2$.

билине́йная фо́рма / bilinear form // Bilinearform f : числовая функция $f(\vec{x}, \vec{y})$ двух векторных аргументов $\vec{x}$ и $\vec{y}$ называется билинейной формой, если $f(\alpha\vec{x}_1 + \beta\vec{x}_2, \vec{y}) = \alpha f(\vec{x}_1, \vec{y}) + \beta f(\vec{x}_2, \vec{y})$ и $f(\vec{x}, \alpha\vec{y}_1 + \beta\vec{y}_2) = \alpha f(\vec{x}, \vec{y}_1) + \beta f(\vec{x}, \vec{y}_2)$ для произвольных чисел α и β и любых векторов $\vec{x}, \vec{y}$ из *векторного пространства* X . Например, если A — квадратная $n \times n$ *матрица*, $\vec{x}$ и $\vec{y}$ — *векторы-столбцы*, то выражение $(A\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{i,k=1}^n a_{ik}x_k y_i$ — билинейная форма. Если 2-й аргумент совпадает с 1-м, т.е. $\vec{y} = \vec{x}$, то билинейная форма превращается в *квадратичную форму*. См. также *полилинейная форма* и *полуторалинейная форма*.

бина́рная опера́ция / binary operation // binäre Operation, zweistellige Operation, binäre Verknüpfung: операция, применяемая к двум объектам

(операндам), например, сложение двух чисел, умножение (скалярное или векторное) двух *векторов*, умножение двух *матриц*, а также *логические* операции $\wedge$ («и»), $\vee$ («или»).

бина́рное отноше́ние / binary relation // zweistellige Relation, binäre Relation: пусть задано некоторое *множество* A ; образуем множество $M = A \times A$ упорядоченных пар (a, b) элементов a, b множества A . Всякое подмножество множества M называется бинарным отношением. Пусть $R \subseteq M$; если $(a, b) \in R$, то говорят, что элемент a находится в бинарном отношении R к элементу b и пишут $(a, b) \in R$ или aRb . Примеры бинарных отношений: равенство чисел, *конгруэнтность* фигур, *эквивалентность*.

бино́м, двучлен / binomial // Binom n : сумма или разность двух алгебраических выражений, называемых членами бинома (или мономами). Примеры биномов: $a + bc$, $5x - \frac{y^2}{1+x^2}$, $\sqrt{3v} + 7u^2\sqrt{1-xzw}$.

биномиа́льное распределе́ние, распределение Бернулли / binomial distribution, Bernoulli distribution, binomial law // Binomialverteilung f , Bernoulli-Verteilung f , Bernoullisches Gesetz: в *теории вероятностей* — распределение вероятностей дискретной случайной величины, принимающей значения $k = 0, 1, 2, \dots, n$ с вероятностями $p_k^{(n)} = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$, где n и p — параметры ($0 \leq p \leq 1$), C_n^k — *биномиальный коэффициент*. Б.р. описывает вероятность появления k раз некоторого события A в серии из n испытаний, при условии, что испытания независимы и что вероятность события A при каждом испытании равна p (т.н. схема Бернулли). Пример схемы Бернулли: n -кратное вынимание наугад шара из урны, содержащей белые и чёрные шары, с возвращением шара обратно в урну, причём событие A — вынимание белого шара. При $n \gg 1$ б.р. приближается к *нормальному распределению*: $p_k^{(n)} \approx \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$, где $\sigma = \sqrt{np(1-p)}$, $x = (k - np)/\sigma$. Если $p \ll 1$, $n \gg 1$, то б.р. приближается к *распределению Пуассона*: $p_k^{(n)} \approx \frac{1}{k!} \lambda^k e^{-\lambda}$, где $\lambda = np$.

биномиа́льный коэффицие́нт / binomial coefficient // Binomialkoeffizient m : коэффициент C_n^k бинома *Ньютона*, $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$. Число C_n^k равно числу *сочетаний* из n элементов по k элементов. Биномиальный коэффициент C_n^k обозначается также символом $\binom{n}{k}$.

бино́м Нью́тона / binomial formula, binomial theorem // binomischer Lehrsatz: формула $(a + x)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k a^{n-k} x^k$, где C_n^k — *биномиальный коэффициент*.

бино́мный дифференциа́л: то же, что *дифференциальный бином*.

бинорма́ль / binormal // Binormale f : *касательная* к кривой, *главная нормаль* и биномаль составляют тройку попарно перпендикулярных прямых в каждой точке пространственной кривой, см. *сопровождающий*

триэдр.

биофизика / biophysics // Biophysik *f*: раздел биологии, изучающий физические закономерности в биологических явлениях. Современная биофизика активно использует математические модели и методы исследования.

биполярный транзистор / bipolar transistor // Bipolar-Transistor *m*: полупроводниковый прибор, содержащий два p - n -перехода и имеющий три контакта для включения в электрическую цепь. Употребляется для усиления и генерации электрических колебаний, а также для многих других целей.

биссектриса / bisector, bisectrix // Winkelhalbierende *f*: прямая, проходящая через вершину *угла* и делящая угол на два равных угла.

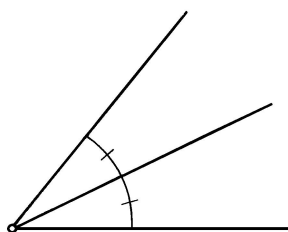


Рис. 5: Биссектриса

бит / bit // Bit *n*: наименьшее количество информации, содержит ответ на вопрос «да или нет?».

бифуркация / bifurcation // Bifurkation *f*: раздвоение. В математике бифуркация понимается как изменение качественных свойств объекта, зависящего от параметра λ , при прохождении через некоторую точку λ_0 (точку бифуркации). Пример: значение параметра $\lambda_0 = 1$ является точкой бифуркации для уравнения $x(x^2 + 2x + \lambda) = 0$, поскольку число действительных корней уравнения различно при $\lambda < 1$ и при $\lambda > 1$.

благоприятное событие / favorable event // günstiges Ereignis : положительный результат, успех, удача. В *теории вероятностей*: если интересуются, например, выпадением 6 очков при бросании игрального кубика, то выпадение грани с 6 очками есть благоприятное событие, а выпадение любой другой грани — неблагоприятное.

ближайший 1) next // nächst: по времени — ожидаемый в самом близком будущем; 2) next, nearest // benachbart: по расстоянию — наименее удалённый, соседний.

близкий 1) near, close // nah, nahe: находящийся рядом, мало удалённый; 2) similar, like // ähnlich: похожий, мало отличающийся.

близкодействие / short-range interaction // Nahwirkungskraft f : физическая концепция, согласно которой взаимодействие между телами осуществляется посредством тех или иных *полей*, непрерывно распределенных в пространстве.

блок 1 / unit, block // Block m : совокупность частей или деталей целого, объединяемых по признаку какой-либо общности и образующих относительно самостоятельную часть целого. Например, блок *входных данных* в компьютерной *программе* объединяет предписания, с помощью которых в память компьютера заносятся исходные данные.

блок 2 / block, pulley // Flaschenzug m : в физике и технике — простой механизм, с помощью которого можно изменить направление *силы* / (неподвижный блок) или получить выигрыш в силе за счет удлинения пути (подвижный блок).

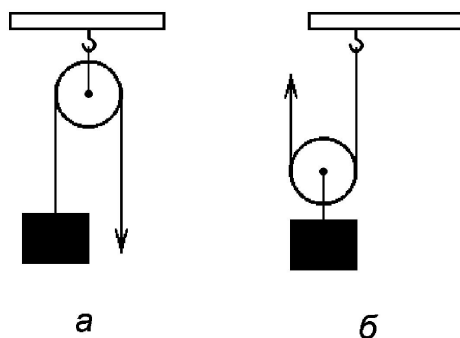


Рис. 6: Блок: а - неподвижный, б - подвижный

блок-схема / block diagram, block design, flow chart // Blockschema n , Blockdiagramm n , Blockschaltbild n : 1) в *информатике* — схема *алгоритма* или *программы*, показывающая принципиальную логическую взаимосвязь частей. 2) В математике: в абстрактном смысле — система подмножеств конечного *множества*, удовлетворяющая некоторым условиям, связанным с частотой появления пар элементов множества в подмножествах системы. Блок-схемы применяются в *программировании*, планировании экспериментов, теории *игр*, теории *графов* и при построении кодов, исправляющих ошибки. 3) В (электро)технике: чертёж, показывающий взаимную связь отдельных частей (блоков) аппарата.

блочно-диагональная матрица, блок-диагональная матрица / matrix decomposed into diagonal blocks, blocked diagonal matrix, quasi-diagonal matrix // zerfallende quasidiagonale Matrix, verallgemeinerte Diagonalmatrix: квадратная *матрица* A специального вида, состоящая из «блоков» двух типов: а) диагональных блоков, т.е. квадратных *подматриц*, диагональные

элементы которых расположены на *главной диагонали* матрицы A ; б) недиагональных блоков, т.е. прямоугольных подматриц, не содержащих элементов диагональных блоков, причём все недиагональные блоки состоят из нулей. Б.-д. матрица обозначается $\text{diag} \{A_1, A_2, \dots, A_s\}$ или $[A_1; A_2; \dots; A_s]$. Такая матрица размера $n \times n$ имеет вид

$$\text{diag} \{A_1, A_2, \dots, A_s\} = \begin{pmatrix} A_1 & O & \dots & O \\ O & A_2 & \dots & O \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O & O & \dots & A_s \end{pmatrix}, \quad A_j = \begin{pmatrix} a_{11}^{(j)} & \dots & a_{1, n_j}^{(j)} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n_j, 1}^{(j)} & \dots & a_{n_j, n_j}^{(j)} \end{pmatrix}.$$

Здесь $s \leq n$; $j = 1, 2, \dots, s$; $n_1 + \dots + n_s = n$; O означает (прямоугольную) матрицу, состоящую из нулевых элементов. Б.-д. матрицы называются также квазидиагональными или клеточно-диагональными матрицами. Если все диагональные блоки одномерны, то б.-д. матрица является *диагональной*.

блужд́ание, случайное блуждание / wandering, random walk // Wanderung f : беспорядочное блуждание частицы: движение частицы со случайными отклонениями, вызванными, например, случайными столкновениями с другими частицами или телами. *Броуновское движение* взвешенных в жидкости частиц дает пример случайных блужданий.

бóзе-газ / Bose gas // Bose-Gas n : по имени индийского физика Бозе (Satyendra Nath Bose, 1894–1974) — квантовый газ из микрочастиц с нулевым или целочисленным *спином*, подчиняющихся *статистике Бозе–Эйнштейна*. В частности, к бозе-газам относится газ *фотонов*, а также газы некоторых *квазичастиц* (например, *фононов*).

бóзе-жѣдкость / Bose-Einstein liquid // Bose-Flüssigkeit f : квантовая жидкость из микрочастиц или *квазичастиц* (элементарных возбуждений), обладающих нулевым или целочисленным *спином*, подчиняющихся *статистике Бозе–Эйнштейна*. К бозе-жидкостям относятся, в частности, жидкий *гелий* ^4He , который при низкой температуре может перейти в состояние *сверхтекучести*, и совокупность так называемых куперовских пар в некоторых металлах, образование которых происходит при достаточно низких температурах и приводит к *сверхпроводимости*. Куперовские пары представляют собой связанные состояния двух электронов с противоположными спинами, взаимодействующих через посредство кристаллической решетки.

бозо́н, бозе-частица / boson // Boson n , Bose-Teilchen n : частица или *квазичастица* (элементарное возбуждение) с нулевым или целочисленным *спином*, подчиняющаяся *статистике Бозе – Эйнштейна*.

боковой / side, lateral, profile // Seiten=: расположенный сбоку.

боковая грань / lateral face // Seitenfläche f : в *пирамиде* — одна из граней, имеющих общую точку в вершине пирамиды.

боковая сторона / leg, lateral side // Schenkel m : в равнобедренном треугольнике — одна из равных сторон; в трапеции — одна из двух непараллельных сторон.

большинство / majority, most // Mehrzahl f , die meisten: большая часть какого-либо конечного множества, т.е. подмножество, содержащее более 50 процентов элементов множества.

большой 1) big, great // groß: крупный, значительный; 2) large // groß: обширный, просторный. «Большая ось эллипса» / major axis of ellipse // die große Achse der Ellipse.

большой круг / great circle // Großkreis m : пересечение шара и плоскости, проходящей через центр шара.

бор / boron // Bor n : элемент периодической системы химических элементов (В, номер 5).

Бор (Niels Bohr, 1885–1962), датский физик, один из создателей современной физики, Нобелевский лауреат (1922). Создал теорию атома, в основу которой легли боровская модель атома, квантовые представления и предложенные им «постулаты Бора». Важные работы по теории металлов, теории атомного ядра и ядерных реакций.

боровская модель атома / Bohr atom model // Bohrsches Atommodell: предложенная Н. Бором первая квантовая теория атома, объяснившая в рамках ядерной модели Резерфорда устойчивость атома и основные спектральные закономерности. Основана на так называемых постулатах Бора о существовании стационарных квантовых состояний атома с дискретными значениями энергии E_i , разность которых пропорциональна частоте ν электромагнитного излучения, испускаемого или поглощаемого при переходе атома из одного состояния в другое: $E_i - E_k = h\nu$. Постулаты Бора получили теоретическое обоснование в квантовой механике.

БПФ, быстрое преобразование Фурье / FFT (fast Fourier transform) // sFT f (schnelle Fouriertransformation): алгоритм вычислительной математики, позволяющий быстро вычислять коэффициенты тригонометрического ряда Фурье для таблично заданных функций. Если на промежутке $[0, L]$ заданы значения $f(x_k)$ функции $f(x)$ в узловых точках $x_k = kL/N$ ($k = 0, 1, \dots, N-1$), то

$$f(x) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{j=1}^{N-1} \left(a_j \cos \frac{2\pi j}{L} x + b_j \sin \frac{2\pi j}{L} x \right),$$

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k), \quad a_j = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k) \cos \frac{2\pi k j}{N}, \quad b_j = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k) \sin \frac{2\pi k j}{N}.$$

Если $N = 2^n$ при некотором натуральном n , то коэффициенты a_j, b_j эффективно вычисляются с помощью рекуррентных формул. БПФ требует

выполнения приблизительно $N \lg N$ операций, в то время как применение обычных *квадратурных формул* для коэффициентов a_j и b_j потребовало бы выполнения N^2 операций.

бром / bromine // Brom n : элемент *периодической системы химических элементов* (Br, номер 35).

бросáние монéты / coin tossing // Münzwurf m : в *теории вероятностей* — испытание, результатом которого является одно из двух равновероятных *случайных событий* (появление герба или цифры).

броуновское движе́ние, брауновское движение / Brownian movement // Brownsche Bewegung: открытое в 1827 году английским ботаником Брауном (Robert Brown, 1773–1858) хаотическое движение малых частиц, рассеянных («взвешенных») в жидкости или газе; при этом размеры частиц значительно превышают размеры молекул. Обусловлено тепловым движением молекул среды. Теория броуновского движения была построена А. Эйнштейном и М. Смолуховским в 1905–06 гг.

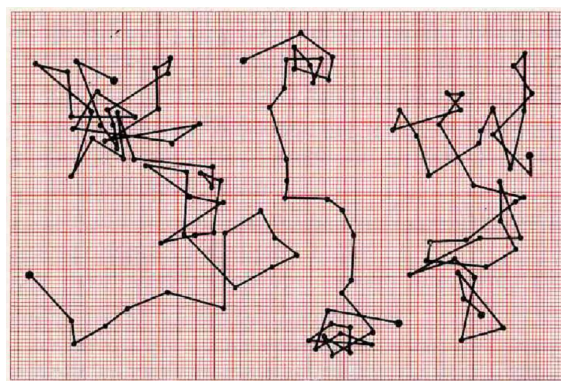


Рис. 7: Траектории броуновских частиц

брус 1) beam, bar, rod // Stab m , Balken m , Bohle f : балка, перекладина, стержень; 2) rectangular parallelepipedon, cuboid, block // Quader m : прямоугольный *параллелепипед*, кубоид, кирпич.

бу́ква / letter // Buchstabe m : элемент алфавита, символ.

бу́лева álгебра, булева решётка / Boolean algebra, Boolean lattice // Boolesche Algebra, Boolescher Verband: непустое *множество* с операциями C («дополнение»), $\vee$ («или»), $\wedge$ («и»), удовлетворяющими аксиомам:

- 1) $x \vee y = y \vee x$, $x \wedge y = y \wedge x$;
- 2) $x \vee (y \vee z) = (x \vee y) \vee z$, $x \wedge (y \wedge z) = (x \wedge y) \wedge z$;
- 3) $(x \wedge y) \vee y = y$, $(x \vee y) \wedge y = y$;
- 4) $x \wedge (y \vee z) = (x \wedge y) \vee (x \wedge z)$, $x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z)$;
- 5) $(x \wedge Cx) \vee y = y$, $(x \vee Cx) \wedge y = y$.

Возможны и другие аксиоматики. В булевой алгебре можно ввести частичное упорядочение, полагая $x \leq y$ тогда и только тогда, когда $x = x \wedge y$. В аксиомах булевой алгебры отражена аналогия между понятиями множества, *события* и *высказывания*; отношение порядка может быть истолковано как включение (для множеств), причинное следование (для событий), логическое следование (для высказываний).

Булевы алгебры возникли в трудах Дж. Буля как аппарат символической логики. Они находят широкое применение в различных разделах математики и информатики.

Буль (George Boole, 1815–1864): английский математик, основоположник применения математики в логике. Разработанный им аппарат символической логики (*булева алгебра*) широко используется при разработке *компьютеров* и компьютерных программ.

Буняко́вский Виктор Яковлевич (1804–1889): русский математик, с именем которого связано, в частности, *неравенство Буняковского*. Вклад в *интегральное исчисление*, теорию чисел и *теорию вероятностей*.

бура́вчика пра́вило: см. *правило буравчика*.

Бурбаки́ (Nikolas Bourbaki): псевдоним группы французских математиков 20-го века, пропагандировавших абстрактное описание математических объектов с целью достижения логической строгости и компактности понятий и теорем математики.

бу́шель / bushel [сокр: bu] // Bushel *m*: единица объёма для сыпучих веществ в *английской системе единиц*; 1 бушель = 4 *пекам*. В Великобритании 1 бушель = 36,368 *литров*, в США 1 бушель = 35,238 *литров*.

бы́строе затуха́ние / rapid damping, rapid decay // starke Dämpfung: быстрое уменьшение амплитуды колебательного процесса с течением времени.

бы́строе преобразова́ние Фурье́: см. *БПФ*.

быстро́та / speed, quickness, rapidity // Schnelligkeit *f*: *скорость*.

бы́стрый / fast, quick, rapid // schnell, rasch: обладающий большой скоростью.

бэр / roentgen-equivalent-man // Rem *n*, biologisches Röntgenäquivalent *n*: биологический эквивалент *рентгена*, т.е. внесистемной единицы экспозиционной дозы ионизирующего излучения, которое при прохождении через вещество вызывает образование положительных и отрицательных ионов и свободных электронов из электрически нейтральных атомов и молекул. 1 бэр = 0,01 Дж/кг.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

В

ва́куум / vacuum // Vakuum *n*: 1) Состояние газа при давлении значительно ниже атмосферного. Вакуум называют высоким, если *длина свободного пробега* молекул газа значительно превышает размеры содержащего газ сосуда (ультразреженный газ). В высоком вакууме поведение газа определяется столкновениями его молекул со стенками сосуда или другими телами; столкновения молекул друг с другом играют второстепенную роль. К вакууму относят также состояние газа в свободном пространстве (*космосе*). 2) Физический вакуум – наинизшее энергетическое *квантовое состояние* физического поля, характеризующееся отсутствием каких-либо реальных частиц, например, состояние *электромагнитного поля*, в котором отсутствуют *фотоны* (вакуум электромагнитного поля, в котором неизбежно существуют так называемые *нулевые колебания* поля).

валéнтность / valency, valence // Valenz *f*: в физике и химии — способность атомов элементов к образованию *химических связей*. В случае ионной связи валентность количественно характеризуется числом отдаваемых (или присоединяемых) *электронов*; в случае ковалентной связи валентность атома равна числу электронов этого атома, которые участвуют в образовании связей с соседними атомами (каждая валентная связь образуется парой обобществлённых электронов – по одному от каждого атома). Многие элементы имеют различную валентность в зависимости от соединения, в которое они входят. В математике валентность *тензора* — то же, что его ранг.

ванáдий / vanadium // Vanadium *n*, Vanadin *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (V, номер 23).

вариацио́нное исчислéние / calculus of variations // Variationsrechnung *f*: раздел математики, изучающий *экстремальные задачи* для *функционалов*. Простейшая задача вариационного исчисления: среди всех гладких кривых $y = y(x)$ на плоскости Oxy , соединяющих заданные точки (x_0, y_0) и (x_1, y_1) , найти кривую, для которой значение интеграла $J[y] = \int_{x_0}^{x_1} F(x, y(x), y'(x)) dx$ минимально (здесь F — заданная функция). См. также *уравнение Эйлера* (2).

вариáция / variation // Variation *f*: изменение. См. также *уравнение Эйлера* (2) и *функция ограниченной вариации*.

вариáция произво́льных посто́янных, вариация постоянных / variation of constants // Variation der Konstanten: в теории *дифференциальных уравнений* — метод построения решения обыкновенного линейного неоднородного дифференциального уравнения $(*) y^{(n)} + a_{n-1}(x)y^{(n-1)} + \dots + a_1(x)y' + a_0(x)y = f(x)$. Если известны n *линейно независимых* решений $y_1(x), \dots, y_n(x)$

соответствующего однородного уравнения, т.е. уравнения (*) при $f(x) \equiv 0$, то решение уравнения (*) ищут в виде суммы (**) $y(x) = \sum_{s=1}^n C_s(x)y_s(x)$ с неизвестными функциями $C_1(x), \dots, C_n(x)$. Первые производные $B_s = C'_s(x)$ от этих функций находятся из системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} B_1 y_1 + \dots + B_n y_n = 0 \\ B_1 y'_1 + \dots + B_n y'_n = 0 \\ \dots \dots \dots \\ B_1 y_1^{(n-1)} + \dots + B_n y_n^{(n-1)} = f(x) \end{cases}$$

Отсюда $C_s(x) = A_s + \int B_s(x)dx$, и по формуле (**) получается общее решение уравнения (*); здесь A_s — произвольные постоянные.

ватт [сокр: Вт] / watt // Watt n : единица мощности в системе СИ: мощность, при которой за 1 секунду совершается работа 1 джоуль, т.е. $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$; $1000 \text{ Вт} = 1 \text{ Квт}$ (киловатт), $1000 \text{ Квт} = 1 \text{ Мвт}$ (мегаватт). Названа в честь шотландского изобретателя Дж. Уатта (James Watt, 1736–1819).

вводить / introduce // einführen: определять новые понятия, начинать использовать новый объект.

вводить данные / input data // Daten eingeben: давать новую информацию (компьютеру).

в дальнейшем / later on, in what follows // im weiteren, fernerhin, weiterhin: позже, далее, в будущем; в последующей части текста.

вдвое больше / twice as much // doppelt, zweimal so viel, zweimal so groß, zweifach: в два раза больше.

вдвое меньше / half as much // halb so viel, halb so groß: в два раза меньше.

вебер / weber, Wb // Weber n : единица магнитного потока в системе единиц СИ. Названа в честь немецкого физика Вебера (Wilhelm Eduard Weber, 1804–1891). 1 Вб равен магнитному потоку, создаваемому однородным магнитным полем с индукцией 1 тесла через нормальную к линиям индукции площадку в 1 м^2 .

Вейерштрасс (Karl Weierstraß, 1815–1897): немецкий математик. Внёс крупный вклад в теорию аналитических функций и теорию действительных чисел. См. также теорема Вейерштрасса и признак Вейерштрасса.

вековое уравнение: то же, что характеристическое уравнение.

вектор / vector // Vektor m : в геометрии и физике — величина, характеризующаяся числовым значением и направлением, например, перемещение, скорость, ускорение, сила, импульс, момент импульса. В геометрии вектор $\vec{AB}$ — это направленный отрезок, ограниченный начальной точкой A (началом вектора) и конечной точкой B (концом вектора). В обобщённом смысле вектор — элемент линейного пространства.

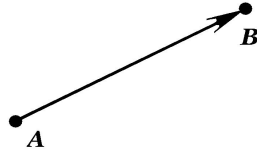


Рис. 8: Вектор

векторная физическая величина / vector physical quantity // vektorielle physikalische Größe: *физическая величина*, характеризующаяся кроме численного значения еще и направлением в пространстве. Векторную величину можно задать ее проекциями на координатные оси. Проекции любого вектора преобразуются при переходе от одной системы координат к другой так же, как преобразуются проекции направленного отрезка. Примерами векторных величин могут служить *скорость, сила, напряжённость электрического поля*.

векторное поле / vector field // Vektorfeld n : векторная величина $\vec{A}$, заданная в каждой точке M некоторой области пространства. Например, напряжённость *электрического поля* является векторным полем. Пусть x, y, z — координаты точки M относительно *декартовой системы координат*, тогда координаты вектора $\vec{A} = (A_1, A_2, A_3)$ являются функциями координат точки: $A_k = f_k(x, y, z)$, $k = 1, 2, 3$. Более общее понятие векторного поля рассматривается в теории *дифференцируемых многообразий*.

векторное произведение, внешнее произведение / vector product, outer product, cross product, skew product, alternating product // vektoriellies Produkt, äußeres Product, Vektorprodukt n , Kreuzprodukt n , alternierendes Produkt: в трёхмерном пространстве *вектор* $\vec{c}$ называется векторным произведением векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$ (обозначается: $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$, или $\vec{c} = [\vec{a}, \vec{b}]$, или $\vec{c} = \vec{a} \wedge \vec{b}$), если:

а) $|\vec{c}| = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \sin \phi$, где ϕ есть угол между векторами $\vec{a}$ и $\vec{b}$; б) вектор $\vec{c}$ перпендикулярен к $\vec{a}$ и к $\vec{b}$; в) три вектора $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ образуют правую тройку. (Три вектора, отложенные от общего начала, образуют правую тройку, если кратчайшее вращение первого вектора ко второму видно из конца третьего вектора как происходящее против часовой стрелки).

Свойства векторного произведения (в.п.):

- 1) $\vec{a} \times \vec{b} = \vec{0}$, если векторы $\vec{a}$ и $\vec{b}$ *коллинеарны*;
- 2) в.п. линейно по каждому из сомножителей: $(\alpha \vec{a} + \beta \vec{b}) \times \vec{c} = \alpha(\vec{a} \times \vec{c}) + \beta(\vec{b} \times \vec{c})$, $\vec{a} \times (\beta \vec{b} + \gamma \vec{c}) = \beta(\vec{a} \times \vec{b}) + \gamma(\vec{a} \times \vec{c})$;
- 3) в.п. антикоммутативно: $\vec{a} \times \vec{b} = -\vec{b} \times \vec{a}$.

В *декартовой системе координат* $Oxyz$ векторное произведение $\vec{c} =$

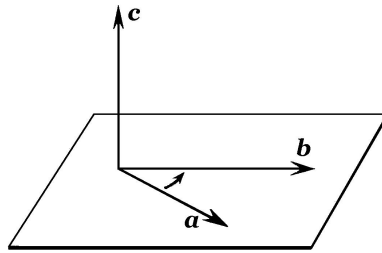


Рис. 9: Векторное произведение

$c_x \vec{i} + c_y \vec{j} + c_z \vec{k} = \vec{a} \times \vec{b}$ вычисляется с помощью *определителя*

$$\vec{c} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k},$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — *орты* декартовой системы координат.

векторное пространство / vector space // Vektorraum m : то же, что *линейное пространство*; иногда термин *векторное пространство* применяют только к конечномерным линейным пространствам.

векторный анализ / vector analysis // Vektoranalysis f : раздел математического анализа, в котором изучаются операции над скалярными и векторными функциями нескольких переменных, в частности, *градиент*, *дивергенция*, *ротор*.

вектор-столбец / column vector // Spaltenvektor m : вектор, координаты которого записаны в виде столбца, см. также *матрица-столбец*. Для экономии места координаты вектор-столбца записывают в виде строки со знаком транспонирования: $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$.

вектор-строка / row vector // Zeilenvektor m : вектор, координаты которого записаны в виде строки, см. также *матрица-строка*.

великая теорема Ферма́, последняя теорема Ферма / Fermat last theorem // großer Fermatscher Satz: теорема о том, что уравнение $x^n + y^n = z^n$ для целых значений $n > 2$ не имеет решений в натуральных числах x, y, z . Была высказана в 17-м веке французским математиком *Ферма* и с тех пор в течение более 300 лет не поддавалась доказательству, несмотря на многочисленные попытки. Доказательство опубликовано в 1995 году английским математиком Уайльсом (Andrew Wiles).

великий / great // groß: очень большой по размерам или по значимости, например, великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов.

величина́ / quantity, variable, magnitude, value // Variable f , Größe f , Quantität f : в математике и физике — термин, имеющий несколько

различных значений. 1) Обобщение конкретных понятий: длины, площади, массы и т.п. Выбрав одну из величин данного рода за единицу измерения (например, метр за единицу длины), можно выразить числом отношение любой другой величины того же рода к единице измерения (см. *физические величины*). 2) Скалярная величина, или скаляр, — величина, каждое значение которой может быть выражено одним числом. Длина, площадь, масса, время, температура и т.д. — скалярные величины. Обобщением понятия скаляра является векторная величина, или *вектор*.

Вене́ра / Venus // Venus *f*: вторая от Солнца планета, движущаяся по почти круговой орбите на расстоянии 0,723 а.е. (108 млн. км) от Солнца со средней скоростью 35 км/с. Период обращения Венеры около 224 суток 17 часов. Для земного наблюдателя Венера удаляется от Солнца на угловое расстояние не свыше 48° . При удалении к востоку бывает видна после захода Солнца как очень яркая вечерняя звезда, при удалении к западу — перед рассветом как утренняя звезда. Венера обладает очень мощной горячей атмосферой, открытой М. В. Ломоносовым в 1761 г. при наблюдении прохождения планеты по диску Солнца.

верну́ться / return, come back, get back // zurückkehren, zurückkommen: прийти обратно к месту, из которого вышли.

вероятностная ме́ра, распределение вероятностей / probability measure, probability distribution // Wahrscheinlichkeitsmaß *n*, Wahrscheinlichkeitsverteilung *f*: в *теории вероятностей*: пусть Ω — пространство элементарных событий, $\mathcal{A}$ — класс случайных событий над пространством Ω , тогда вероятностной мерой называется неотрицательная функция $P(A)$, определённая на $\mathcal{A}$, счётно-аддитивная и нормированная условием $P(\Omega) = 1$. При этом вероятность события A , состоящего из элементарных событий $\omega_{i_1}, \omega_{i_2}, \dots$, принимается равной сумме их вероятностей. Примеры: 1) При бросании игральной кости $P(\omega_j) = 1/6$, где ω_j — выпадение грани с числом очков $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Событие $A = \{\omega_2\} \cup \{\omega_4\} \cup \{\omega_6\}$ означает выпадение какой-нибудь грани с чётным числом очков; $P(A) = \frac{1}{6} \cdot 3 = \frac{1}{2}$. 2) Случайные ошибки наблюдений распределены по нормальному закону.

вероятностное простран́ство / probability space // Wahrscheinlichkeitsraum *m*: одно из основных понятий *теории вероятностей*, введённое А.Н. Колмогоровым. Пусть Ω — множество элементарных событий, $\mathcal{A}$ — класс случайных событий, образующий сигма-алгебру, и P — вероятностная мера на $\mathcal{A}$. Совокупность $(\Omega, \mathcal{A}, P)$ называется вероятностным пространством. Пример: при бросании игральной кости множество Ω состоит из 6 элементарных событий (выпадение 1, 2, 3, 4, 5, 6 очков), множество $\mathcal{A}$ состоит из подмножеств этого множества, и вероятностная мера определена на $\mathcal{A}$ заданием вероятности $1/6$ для каждого элементарного события.

вероятностный / probability // Wahrscheinlichkeits=: случайный,

подчиняющийся законам *теории вероятностей*; связанный с понятием вероятности.

вероятность / probability // Wahrscheinlichkeit f : понятие, вводимое в *теории вероятностей* для оценки степени возможности осуществления *случайного события*. Случайное событие может произойти или не произойти при данных условиях. Вероятность случайного события A — числовая величина $P(A)$, которая может принимать значения от 0 до 1, или в процентах — от 0% до 100%. Событие, которое не может произойти («невозможное событие» / impossible event // unmögliches Ereignis), имеет, по определению, вероятность 0, а событие, которое наверняка произойдёт («достоверное событие» / certain event // sicheres Ereignis) — вероятность 1. В простейших ситуациях вероятности событий могут быть определены из соображений симметрии. Примеры: при бросании монеты вероятность выпадения герба (как и выпадения цифры) естественно считать равной $1/2$, или 50%; при бросании игральной кости вероятность выпадения числа очков 1, 2, 3, 4, 5 или 6 равна $1/6$, вероятность выпадения 10 очков равна 0, а вероятность выпадения числа очков не менее 1 равна 1. Вероятности более сложных событий вычисляются с помощью формул теории вероятностей.

вертикаль / vertical line // Lotrechte f , Senkrechte f : прямая линия, направленная вдоль силы тяжести в данном месте. Вертикаль проходит почти через центр Земли. Небольшие отклонения вертикали от направления на центр Земли вызваны суточным вращением Земли (максимум отклонения на широте 45°) и локальными неоднородностями распределения вещества.

вёрхний предел / upper limit // oberer Limes, Limes superior: верхний предел *последовательности* $\{x_n\}$ *вещественных чисел* — наибольший предел среди пределов (конечных или бесконечных) *всевозможных подпоследовательностей* данной последовательности. Обозначение: $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} x_n$. Например, последовательность $x_n = (-1)^n + \frac{1}{n}$ имеет частичные пределы 1 и -1 , при этом верхний предел равен 1, *нижний предел* равен -1 .

вёрхняя граница / upper bound // obere Schranke: пусть M — некоторое множество *вещественных чисел*. Верхней границей множества M называется число B такое, что $x \leq B$ для всех $x \in M$. Очевидно, если B — верхняя граница множества M , то всякое число, большее чем B , также является верхней границей M . Если множество имеет верхнюю границу, то говорят, что это множество ограничено (или полуограничено) сверху; в противном случае множество называют неограниченным сверху. См. также *нижняя граница*.

вёрхняя грань, супремум / least upper bound, supremum // obere Grenze, kleinste obere Schranke, Supremum n : пусть M — некоторое множество *вещественных чисел*. Верхней гранью, или точной верхней границей,

множества M называется его наименьшая *верхняя граница*, т.е. наименьшее число b такое, что $x \leq b$ для всех $x \in M$. Это означает, что среди чисел множества M имеются сколь угодно близкие к b , но нет ни одного числа больше b . Обозначение верхней грани: $b = \sup M$. Например, если M — множество чисел вида $(-1)^n + 1/n$, то $\sup M = 1$. Всякое множество M , ограниченное сверху (т.е. имеющее *верхнюю границу*), имеет верхнюю грань. См. также *нижняя грань*.

вершина 1) vertex // Scheitel m : в геометрии: вершина плоского угла — точка, из которой исходят два луча, образующие угол; вершины углов *треугольника* называются вершинами треугольника; 2) vertex // Spitze f : вершина угла между боковыми сторонами *равнобедренного* треугольника; 3) vertex, apex // Spitze f , Scheitel m , Scheitelpunkt m : вершина *конуса* или *пирамиды*; 4) corner, vertex // Eckpunkt m , Ecke f : вершина *многогранника*, вершина *многоугольника*, вершина *симплекса*; 5) vertex // Ecke f : вершина *графа*.

вес / weight // Gewicht n : в физике: вес тела — *сила*, с которой действует (вследствие притяжения к Земле) покоящееся тело на горизонтальную опору или подвес, удерживающие тело от *свободного падения*; в математике — то же, что *весовая функция*.

весовая функция / weight function // Gewichtsfunktion f : весовая функция, или вес, — функциональный множитель $\rho(x)$, применяемый для изучения функций в *нормированных пространствах*. Например, весовая функция $\rho(x) = e^{-x^2}$ обеспечивает сходимость несобственных интегралов вида $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} f(x) dx$ в классе функций $f(x)$ более широком, чем класс функций для интегралов вида $\int_0^\infty f(x) dx$. Для функций вводится также понятие *ортogonalность с весом*.

весы / balance // Waage f : прибор для определения *массы* тела по действующей на него *силе тяжести*. Наибольшее распространение имеют рычажные и пружинные весы.

ветвление функции / branching, forking, bifurcation [раздвоение] // Verzweigung f , Gabelteilung f , Bifurkation f [раздвоение]: возникновение двух или более *ветвей* функции при её продолжении вдоль некоторой кривой, см. также *аналитическое продолжение*.

ветвь / branch // Zweig m : одна из нескольких функций, возникающих при продолжении исходной функции.

вечный двигатель / perpetuum mobile, perpetual motion machine // Perpetuum mobile n : воображаемый двигатель, который, будучи раз запущен, совершал бы работу неограниченно долгое время, не заимствуя энергию извне. Идея вечного двигателя противоречит *закону сохранения энергии*.

вещественное число́, действительное число / real number // reelle Zahl: *рациональное число* (целое или дробное) или *иррациональное число*. Множество вещественных чисел обозначают **R**. См. также *комплексное число*.

вещественный: см. *вещественное число*.

вещество / substance, matter // Stoff *m*, Materie *f*: одна из форм существования *материи*. Вещество состоит из частиц, обладающих *массой покоя* (в отличие от полей, в частности света, элементы которого — *фотоны* — не имеют массы покоя). Частицами вещества являются *электроны*, *протоны*, *нейтроны* и т.д., а также более сложные частицы — *атомы*, *молекулы* и их группы (агрегаты частиц), образующие большие *макроскопические тела*. Последние могут находиться в различных *агрегатных состояниях*: твёрдом, жидком, газообразном или плазменном. Ещё одно возможное агрегатное состояние вещества — конденсат Бозе–Эйнштейна (см. *статистика Бозе–Эйнштейна*).

взаимно обратные числа / reciprocals, (mutually) inverse numbers // inverse Zahlen, reziproke Zahlen: обратным числом для числа z называется число $1/z$. Числа z и $1/z$ называются взаимно обратными, их произведение равно 1. Примеры взаимно обратных чисел: 0,5 и 2; $\sqrt{5} - 2$ и $\sqrt{5} + 2$; $re^{i\gamma}$ и $r^{-1}e^{-i\gamma}$.

взаимно обратные функции / functions inverse to each other // zueinander inverse Funktionen: если $g(y)$ — *обратная функция* для функции $f(x)$, то $f(x)$ — обратная функция для $g(y)$, при этом функции f и g называются взаимно обратными, например, *синус* и *арксинус* — взаимно обратные функции.

взаимно однозначное отображение / bijective mapping, bijection, one-to-one mapping onto // bijektive Abbildung, Bijektion f , eineindeutige Abbildung auf: такое отображение множества A на множество B , что каждому элементу множества A соответствует ровно один элемент множества B и каждому элементу множества B соответствует ровно один элемент множества A .

взаимно однозначное соответствие / one-to-one correspondence // eineindeutige Korrespondenz: соответствие между элементами двух множеств, связанных *взаимно однозначным отображением*. Например, отображение $y = e^x$ задаёт взаимно однозначное соответствие между множеством действительных чисел $x \in (-\infty, +\infty)$ и множеством положительных чисел $y \in (0, +\infty)$.

взаимно простые числа / coprime numbers, relatively prime numbers // relativ prime Zahlen, relative Primzahlen: *натуральные числа* называются взаимно простыми, если они не имеют общих *простых* делителей, например, числа 32 и 45 взаимно простые. *Наибольший общий делитель* взаимно

простых чисел равен 1.

вза́ймость / reciprocity // Reziprozität f : для *функции Грина* дифференциального уравнения — свойство симметрии относительно аргументов: $G(x, \xi) = G(\xi, x)$. Взаимность имеет место, если дифференциальный оператор, соответствующий *краевой задаче* для дифференциального уравнения — *симметричный оператор*, например, *оператор Лапласа* в ограниченной области D с граничным условием $u|_{\partial D} = 0$.

взаимоде́йствие / interaction // Wechselwirkung f : воздействие объектов (тел или частиц) друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения. В механике взаимное действие тел друг на друга характеризуется *силами*. Первоначальные представления о том, что взаимодействие между телами может осуществляться непосредственно через пустое пространство (концепция *дальнего действия*) были оставлены после открытия законов *электромагнитного поля*. Возникшая в результате этих исследований концепция *близкого действия*, согласно которой взаимодействие осуществляется посредством тех или иных полей, впоследствии была распространена на любые взаимодействия.

вибра́тор Ге́рца, диполь Герца / Hertzian dipole // Hertzscher Dipol: излучатель *радиоволн*, предложенный немецким физиком Г. *Герцем*, в 1888 году доказавшим экспериментально существование *электромагнитных волн*. Вибратор Герца состоял из двух медных стержней с металлическими шарами на концах и искровым промежутком посередине, подключенным к индукционной машине.

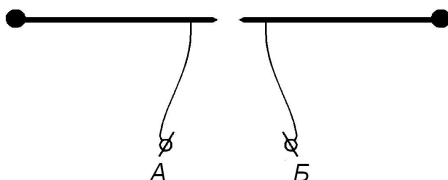


Рис. 10: Вибратор Герца; А и Б - клеммы индукционной машины

вибра́ция / vibration, oscillation // Vibration f , Schwingung f : дрожание, механическое *колебание* с относительно большой частотой и малой амплитудой.

ви́димое излу́чение, видимый свет / visible radiation, light // sichtbare Strahlung, Licht n : область спектра *электромагнитных колебаний*, непосредственно воспринимаемая человеческим глазом. Характеризуется длинами волн в диапазоне 380 – 770 нм.

Виёт (Francois Vieta, 1540–1603): французский математик, разработавший почти весь материал элементарной алгебры. *Формулы Виета* выражают

связь между коэффициентами *алгебраического уравнения* и его корнями.

Винер (Norbert Wiener, 1894–1964): американский математик, основоположник *кибернетики*. Значительный вклад в теорию интегралов Фурье, теорию вероятностей, статистическую физику, теорию электрических сетей, вычислительную технику. С его именем связаны, в частности, теорема Пэли–Винера, винеровский случайный процесс, интеграл Винера, мера Винера, метод Винера–Хопфа и уравнение Винера–Хопфа.

винтовáя линия / helix, spiral // Schraubenlinie f : кривая линия на поверхности кругового *цилиндра* или кругового *конуса*, пересекающая все *образующие* под постоянным углом.

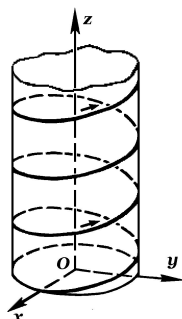


Рис. 11: Винтовая линия

виртуáльное перемещéние (возможное перемещение) / virtual displacement // virtuelle Verschiebung: элементарное (бесконечное малое) перемещение, которое может совершить механическая система из занимаемого в данный момент положения, не нарушая наложенных на данную систему связей. Например, если связи обеспечивают нахождение точки на какой-либо поверхности, то виртуальные перемещения точки представляются элементарными отрезками (векторами), направленными по касательной к поверхности в том месте, где находится точка в данный момент.

виртуáльное состоя́ние / virtual state // virtueller Zustand: (в квантовой теории) короткоживущее промежуточное *квантовое состояние* микросистемы, в котором нарушается обычная связь между энергией, импульсом и массой системы. Виртуальные состояния возникают обычно при столкновениях микрочастиц. Например, столкновение *нейтрона* с *протоном* происходит с образованием дейтрона в виртуальном состоянии и последующим его распадом.

ви́рус / virus // Virus m, n : 1) вирусы в биологии — возбудители инфекционных болезней, более мелкие, чем бактерии; 2) вирусы в информатике — саморазмножающиеся вредоносные программы, «заражающие» компьютеры

и нарушающие их нормальную работу; распространяются через Интернет и другие компьютерные сети. Создаются программистами («хакерами»), стремящимися по каким-либо причинам нанести вред пользователям Интернета (из спортивного интереса, из желания причинить убытки какой-либо компьютерной фирме и т.д.). Специальные антивирусные программы помогают обнаруживать вирусы и защищать от них компьютеры.

висеть / hang // hängen: находиться в неподвижном состоянии в поле силы тяжести, имея точку опоры (точку закрепления) выше центра тяжести.

виток / turn // Windung f : в электротехнике — один оборот при наматывании провода для изготовления обмотки соленоида, электромагнита, трансформатора.

вихревое движение / vortex motion // Wirbelbewegung f : движение жидкости или газа, при котором их малые элементы перемещаются не только поступательно, но и вращаются вокруг некоторых мгновенных осей.

вихревое поле / vortex field, vorticity field, eddy field // Wirbelfeld f : векторное поле, у которого ротор отличен от тождественного нуля; другими словами, циркуляция поля по некоторым замкнутым контурам не равна нулю.

вихревые токи, токи Фуко / eddy currents, Foucault currents // Wirbelströme pl : индукционные токи, возникающие в массивных проводниках (например, при движении проводника в магнитном поле).

вихрь / curl, eddy, rotation, vortex, whirl // Wirbel m : в физике — часть сплошной среды (обычно воздуха или воды), совершающая быстрое кругообразное вихревое движение. В математике: вихрь («ротатор», или «ротация») векторного поля $\vec{A}$ — векторная операция $\text{rot}\vec{A}$.

влажность воздуха / atmospheric [or: air] humidity // Luftfeuchtigkeit f : см. абсолютная влажность воздуха и относительная влажность воздуха.

влечёт / implies // zur Folge hat: логический термин: « A влечёт B » (обозначение: $A \Rightarrow B$) означает, что если истинно утверждение A , то истинно также B .

влияние / influence // Einfluss m : воздействие, оказываемое одним предметом на другой.

вложение / embedding, inclusion, investment, injection // Einbettung f , Einlage f : вставление, помещение, размещение какого-либо объекта внутри другого объекта. «Теорема вложения» / embedding theorem // Einbettungssatz m .

внеинтегральный член / a term outside the integral, integrated term

// ein Glied außer dem Integral: при *интегрировании по частям* — слагаемое, находящееся вне знака интеграла.

внёшние сйлы / external forces // äussere Kräfte: силы, действующие на тела некоторой системы со стороны источников (других тел), не входящих (не включенных) в рассматриваемую систему.

внёшний фотоэффёкт / photoemissive effekt // äußerer Photoeffekt: см. *уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*.

внёшность / exterior // Äußeres n : внешность области — множество точек, внешних по отношению к данной области, например, область $x^2 + y^2 > 1$ есть внешность круга $x^2 + y^2 \leq 1$.

внўтренний фотоэффёкт / internal photoelectric effect // innerer photoelektrischer Effekt: перераспределение *электронов* по уровням энергии в конденсированном (твёрдом или жидком) веществе, происходящее под действием электромагнитного излучения (света). В полупроводниках и диэлектриках внутренний фотоэффект сопровождается фотопроводимостью, т.е. изменением электропроводности среды из-за появления неравновесных носителей тока.

внўтренность / interior, interiority // Inneres n : то, что находится внутри данного объекта, например, открытый круг $x^2 + y^2 < 1$ — внутренность замкнутого круга $x^2 + y^2 \leq 1$. Внутренность множества точек — совокупность всех *внутренних точек* множества.

внўтренняя тóчка / interior point // innerer Punkt: внутренняя точка множества в *евклидовом пространстве* — точка этого множества, входящая в данное множество вместе с некоторой своей *окрестностью*. Таким же образом вводится понятие внутренней точки множества в *банаховом пространстве*, в *метрическом пространстве* и в *топологическом пространстве*.

внўтренняя энёргия / internal energy // innere Energie: энергия физической системы, зависящая от ее внутреннего состояния. Внутренняя энергия включает в себя энергию хаотического теплового движения микрочастиц системы (*атомов, молекул, ионов* и др.) и энергию взаимодействия этих частиц. Во внутреннюю энергию не входит *кинетическая энергия* движения системы как целого и ее *потенциальная энергия* во внешних силовых полях.

вóгну́тая / concave // konkave: вогнутая кривая на плоскости (x, y) имеет *выпуклость* книзу, т.е. выпуклость, обращённую в сторону отрицательной части оси y . Вогнутая поверхность в пространстве (x, y, z) имеет выпуклость, обращённую в сторону отрицательной части оси z .

водá / water // Wasser n : бесцветная прозрачная жидкость (при комнатной температуре), химическое соединение водорода с кислородом (формула H_2O). Плотность воды 1 г/см^3 (при 4°C), температура кипения 100°C (при давлении 1 атм), температура замерзания 0°C , теплоёмкость

1 кал/(г·град).

водород / hydrogen // Wasserstoff *m*: 1) элемент *периодической системы химических элементов* (H, номер 1); 2) двухатомный газ, химическая формула H₂.

возбуждение / excitation // Anregung *f*, Erregung *f*: переход *атома* или *молекулы* из основного состояния в состояние с большей энергией (на один из вышележащих уровней энергии). Возбуждение происходит при столкновениях частиц и при взаимодействии с *квантами* электромагнитного излучения. После кратковременного пребывания в возбужденном состоянии (характеризуемого некоторым *временем жизни*) частица самопроизвольно (спонтанно) переходит в состояние с меньшей энергией, отдавая избыток энергии другой частице (безызлучательный переход) либо излучая электромагнитный квант (фотон).

возбуждённое состояние / excited state // angeregter Zustand: всякое состояние *атома* или *молекулы*, кроме основного состояния (состояния с наименьшей возможной энергией). Возбужденное состояние характеризуется определенной энергией (энергией возбуждения), которое частица получает при *возбуждении* из основного состояния.

возбуждённый атом / excited atom // angeregtes Atom: атом, находящийся в *возбужденном состоянии*.

воздух / air // Luft *f*: естественная смесь газов, из которых состоит земная *атмосфера*. Средний состав воздуха: азот – 78%, кислород – 21%, инертные газы и водород – 1%, углекислый газ – 0,03%. Средняя *молярная масса* воздуха — около 29 г/моль.

возможность / possibility, opportunity, chance // Möglichkeit *f*, Gelegenheit *f*, Chance *f*: осуществимость, реализуемость; один из осуществимых вариантов.

возмущение / perturbation // Störung *f*, Perturbation *f*: некоторое воздействие на физическую систему, которое при определенных условиях может считаться малым, что позволяет использовать приближенные методы решения уравнений. Обычно сначала находится решение для «невозмущенной» системы, а затем вычисляются поправки, вносимые возмущением.

возрастание / increase, rise, growth, increment // Vergrößerung *f*, Zunahme *f*, Wachstum *n*: увеличение, изменение от меньших значений к большему.

возрастать / increase // wachsen, steigen, zunehmen: увеличиваться.

возрастающая последовательность / increasing sequence // wachsende Folge: *последовательность* $\{x_n\}$, каждый член которой не меньше предыдущего: $x_{n+1} \geq x_n$. Строго возрастающая последовательность: $x_{n+1} > x_n$, например, $\sqrt{n}$.

возрастающая функция / increasing function // wachsende Funk-

tion: возрастающая (строго возрастающая) на интервале (a, b) *функция* $f(x)$ — функция, обладающая свойством: $f(x_2) \geq f(x_1)$ (соответственно, $f(x_2) > f(x_1)$) при всяких $x_1, x_2 \in (a, b)$, удовлетворяющих неравенству $x_2 > x_1$.

Если возрастающая функция ограничена сверху: $f(x) \leq C$, то она имеет конечный предел при $x \rightarrow b$; в противном случае $\lim_{x \rightarrow b} = +\infty$.

Если функция $f(x)$ имеет в каждой точке интервала (a, b) *производную* $f'(x)$, причём $f'(x) \geq 0$, то эта функция — возрастающая на (a, b) ; если же $f'(x) > 0$, то $f(x)$ — строго возрастающая. См. также *убывающая функция*.

возрастающий / increasing, growing; ascending // wachsend, zunehmend; aufsteigend: изменяющийся от меньших значений к большим. «Ряд по возрастающим степеням» / ascending power series // aufsteigende Potenzreihe.

вокруг / round, around, about // ringsum, ringsherum: «Поворот тела вокруг оси l » / rotation of the body about the axis l // Drehung des Körpers ringsum der Achse l .

волна / wave // Welle f : распространяющееся в пространстве и времени колебательное движение (возмущение). При распространении волн происходит перенос из одного места в другое не материальных частиц, а энергии *колебаний*. По своей природе волны делятся на механические (в частности, упругие волны и волны на поверхности жидкости) и электромагнитные. Упругие волны (*звук*) могут распространяться в газах, жидкостях и твёрдых телах; перенос энергии происходит за счёт сжатий и разрежений среды и в результате малых смещений частиц относительно положения равновесия, как, например, в волне, бегущей вдоль натянутой *струны*. Длинные волны на поверхности воды распространяются благодаря действию сил *тяготения*, стремящихся придать поверхности равновесную форму, короткие (мелкая «рябь») — благодаря силам *поверхностного натяжения*. Электромагнитные волны (*радиоволны, свет, рентгеновские лучи, гамма-излучение*) могут распространяться в вакууме и материальных средах; переносчиком энергии служит переменное *электромагнитное поле*.

Математически распространение волн описывается *дифференциальными уравнениями* (см. *уравнение колебаний струны* и *волновое уравнение*). Волны называются линейными, если они описываются линейными дифференциальными уравнениями, и нелинейными в противном случае. Линейные волны подчиняются принципу суперпозиции: если две волны одновременно распространяются в какой-либо области пространства, то в каждой точке этой области возмущение от одной волны просто складывается с возмущением от другой волны, при этом каждая из волн не изменяет своей формы и после

прохождения данной области распространяется далее в прежнем виде (линейная интерференция волн). Нелинейные волны, накладываясь друг на друга, изменяют форму колебаний; после прохождения общей области волны имеют уже другой вид.

Волна называется *монохроматической*, если процесс её распространения описывается *гармонической функцией*. Например, монохроматическая *плоская волна*, распространяющаяся в положительном направлении оси Ox , описывается формулой $u(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \phi_0)$; здесь $u(x, t)$ — смещение частиц в плоскости x из своих равновесных положений в момент времени t , $\omega = 2\pi f$ — круговая частота, f — частота (число колебаний в единицу времени), k — волновое число, ϕ_0 — начальная фаза, A — амплитуда. Величина $\lambda = 2\pi/k$ называется длиной волны, $c = \omega/k$ — фазовой скоростью.

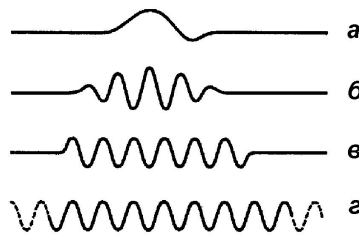


Рис. 12: Волны: а - одиночная волна (импульс), б - волновой пакет, в - цуг волн, г - монохроматическая волна

волнов́ая о́птика / wave optics // Wellenoptik f : раздел физической оптики, изучающий совокупность явлений (гл. обр. явлений *интерференции* и *дифракции*), в которых проявляется волновая природа света.

волнов́ая фу́нкция / wave function // Wellenfunktion f : в *квантовой механике*: комплексная величина, полностью описывающая состояние микрообъекта (*электрона, атома, молекулы*) или любой другой квантовой системы. Квадрат модуля волновой функции определяет *вероятность* получить при измерении то или иное значение величин, от которых зависит волновая функция. Например, если волновая функция задана как функция пространственных координат, то квадрат ее модуля даёт пространственную плотность вероятности нахождения частицы в данной точке. Волновая функция некоторой квантовой системы может быть найдена как решение *уравнения Шрёдингера* для этой системы.

волновóд / waveguide // Wellenleiter m : устройство, вдоль которого могут распространяться направленные волны. Для волноводов характерно

существование дискретного набора *нормальных волн* (называемых также модами), распространяющихся с определенными скоростями. Каждая мода может распространяться только при частотах, превышающих некоторую критическую частоту.

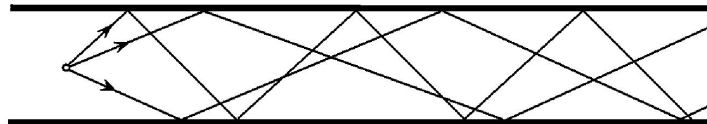


Рис. 13: Волновод с зеркальными стенками

волновóй пакéт / wave packet // Wellenpaket n : суперпозиция (наложение) монохроматических *волн* с близкими друг к другу частотами колебаний, имеющая *огibaющую* конечной протяженности. При распространении волнового пакета в среде без *дисперсии* все его монохроматические компоненты имеют одинаковые *фазовые скорости*, и пакет как целое распространяется с той же скоростью. При наличии дисперсии пакет может сохранять свою форму в процессе распространения на ограниченное расстояние, но при этом *огibaющая* имеет скорость, отличную от фазовых скоростей образующих его монохроматических компонент. В случае сильной дисперсии, когда входящие в состав пакета волны с различными частотами имеют сильно различающиеся фазовые скорости, пакет по мере распространения постепенно «расплывается».

волновóй фронт, волновая поверхность / wave front, wave surface // Wellenfront f : при распространении *волн*: а) перемещающаяся поверхность, во всех точках которой волна имеет в данный момент одинаковую фазу, при этом направление распространения волны совпадает с нормалью к волновому фронту; б) передний край нестационарной волны, граница между покоем и возмущённой областью.

волоко́нная óптика / fiber optics // Glasfaseroptik f , Faseróptik f : раздел оптики, в котором рассматривается передача света и изображения по *световодам* и *волноводам* оптического диапазона, в частности по многожильным световодам и пучкам гибких волокон. Обычно применяют особо чистое стеклянное волокно, центральная жила которого (сердцевина) окружена оболочкой из другого стекла с меньшим показателем преломления. Благодаря полному внутреннему отражению на границе сердцевины с оболочкой лучи, входящие в световод под малыми углами, могут распространяться вдоль волокна на большие расстояния. Потери в световодах обусловлены

главным образом поглощением света в толще стекла. Для передачи изображений (в технике, медицине и др.) используют многожильные жгуты с регулярным расположением волокон.

вольт / volt, V // Volt *n*: единица электрического *напряжения*, *разности потенциалов* и *электродвижущей силы* в СИ. Названа в честь итальянского ученого Вольты (Alessandro Volta, 1745–1827). 1 В равен электрическому напряжению, вызывающему в электрической цепи постоянный ток силой 1 А при развиваемой мощности 1 Вт. Также 1 В равен потенциалу такой точки электрического поля, в которой заряд в 1 Кл имеет потенциальную энергию 1 Дж. 1 В равен 1/300 единицы напряжения гауссовой системы СГС.

Вольтёрра (Vito Volterra, 1860–1940): итальянский математик. Значительный вклад в теорию интегральных уравнений и функциональный анализ, теорию упругих деформаций, математические методы биологии.

вольтмётр / voltmeter // Voltmeter *n*: прибор для измерения *напряжения* в электрических цепях. Вольтметр включается параллельно участку цепи, в котором измеряется напряжение. Для уменьшения влияния на режим цепи вольтметр должен обладать большим внутренним сопротивлением.

вольфрам / wolframium, tungsten // Wolfram *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (W, номер 74).

восьмёрка / eight, figure eight curve // Acht *f*: цифра 8; фигура, по форме напоминающая цифру 8.

восьмигранник / octahedron // Oktaheder *m*: выпуклое тело, ограниченное восемью плоскостями. В узком смысле слова — правильный восьмигранник, или октаэдр — тело, ограниченное восемью правильными треугольниками. Кристаллы некоторых веществ имеют форму октаэдра, например, алмаз. См. *правильные многогранники*.

вписанный / inscribed // einbeschriebener: в геометрии: многоугольник называется вписанным в замкнутую *выпуклую кривую*, если все его вершины лежат на кривой; при этом кривая называется описанной около многоугольника. Например, любой треугольник можно вписать в некоторую окружность.

вписанный круг / inscribed circle, incircle // Inkreis *m*, einbeschriebener Kreis: круг, вписанный в *треугольник* или *многоугольник* — круг, окружность которого касается каждой из сторон треугольника (многоугольника).

вписанный угол / inscribed angle // Umfangswinkel *m*, Peripheriewinkel *m*: угол, вписанный в *окружность* — угол, образованный двумя хордами, выходящими из одной точки окружности. Вписанные углы, опирающиеся на одну и ту же дугу окружности, равны между собой и равны половине *центрального угла*, опирающегося на ту же дугу.

вполне непрерывный оператор / completely continuous operator, compact operator // vollstetiger Operator, kompakter Operator: линейный

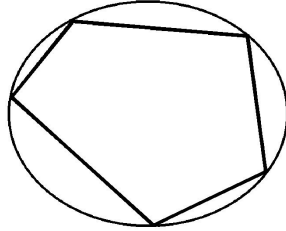


Рис. 14: Вписанный пятиугольник

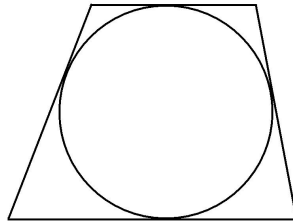


Рис. 15: Вписанный круг

оператор A , действующий из банахова пространства X в банахово пространство Y , называется вполне непрерывным (в.н.), или компактным, если каждое ограниченное множество пространства X он переводит в компактное множество пространства Y . Множество $M \subset X$ называется ограниченным, если существует число C такое, что $\|x\| \leq C$ для всех $x \in M$. Множество M называется компактным, если любая бесконечная последовательность его элементов содержит подпоследовательность, сходящуюся к некоторому элементу из X . Важный пример в.н. оператора — *интегральный оператор*

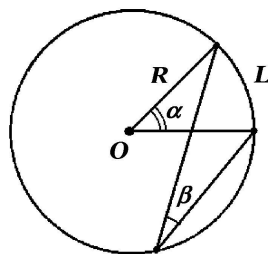


Рис. 16: Вписанный угол и центральный угол

Фредгольма.

В гильбертовом пространстве всякий в.н. самосопряжённый оператор имеет спектр, состоящий из собственных значений $\mu_1, \mu_2, \dots$; если множество $\{\mu_n\}$ бесконечно, то $\mu_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$ (при этом $\mu = 0$ может быть собственным значением). Пример: для оператора задачи Штурма–Лиувилля обратный оператор — в.н. и самосопряжённый; отсюда следует, что задача имеет дискретный спектр.

вращение / rotation, revolution, gyration // Drehen n , Drehung f , Rotation f , Drehbewegung f : вращательное движение.

времениподобный интервал / time-like interval // zeitartiges Intervall: в теории относительности «расстояние» между двумя событиями в четырёхмерном пространстве Минковского (с метрикой $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$), квадрат которого положителен: $ds^2 > 0$. Для пары событий, разделенных времениподобным интервалом, можно найти такую инерциальную систему отсчета, в которой эти события происходят в одной пространственной точке, и интервал между данными событиями равен промежутку времени между ними, измеренному в этой системе и умноженному на скорость света (см. также пространственно-подобный интервал).

время / time // Zeit f : в физике — параметр, переменная, выражающая порядок смены явлений, от которой зависят все процессы, происходящие в реальном мире. Понятия пространства и времени имеют решающее значение для построения физической картины мира. Пространство и время вместе образуют систему, в которой существуют вещество и физические поля и происходят все изменения их состояния. Физическое время одномерно и однородно. Однородность времени проявляется в том, что законы физики остаются неизменными с течением времени. Для консервативных физических систем характерна симметрия по отношению к обращению времени, но в общем случае физические процессы необратимы во времени. Необратимость реальных процессов во времени отчасти получает некоторое объяснение в термодинамике и статистической физике.

время жизни / life time, lifetime // Lebenszeitdauer f : в физике: средняя продолжительность существования возбужденных состояний молекул, атомов и атомных ядер, заканчивающаяся спонтанным (самопроизвольным) переходом в основное состояние (или в менее возбужденные состояния). Временем жизни τ называют также среднюю продолжительность жизни радиоактивных (нестабильных) атомных ядер и элементарных частиц, которая связана с их временем полураспада T (периодом полураспада) соотношением $\tau = T / \ln 2$, а также среднюю продолжительность жизни квазичастиц в твердых телах, в частности неравновесных электронов и дырок в полупроводниках.

время полураспада / half-life time // Halbwertszeit f : промежуток времени, в течение которого распадается в среднем половина изначального количества ядер атомов радиоактивного элемента, см. *период полураспада*.

вронскиан / Wronskian // Wronski-Determinante f : вронскиан, или определитель Вронского, для функций $y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)$ — определитель

$$W(x) = \begin{vmatrix} y_1(x) & y_2(x) & \dots & y_n(x) \\ y_1'(x) & y_2'(x) & \dots & y_n'(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_1^{(n-1)}(x) & y_2^{(n-1)}(x) & \dots & y_n^{(n-1)}(x) \end{vmatrix}$$

Если $W(x) \neq 0$ на промежутке (a, b) , то на этом промежутке данные функции *линейно независимы*. Если $W(x) \equiv 0, x \in (a, b)$, то функции *линейно зависимы*.

Вселенная / universe // Weltall n , All n : всё существующее как единое целое (включая звёзды, галактики, туманности, а также микромир — молекулы, атомы, элементарные частицы).

всемирная сеть, всемирная паутина, Веб-паутина / world-wide-web, www // Web n , WWW n : всемирная коммуникационная система, важная часть *Интернета*; включает разнообразные электронные средства обмена информацией.

всемирное тяготение: то же, что *гравитация*.

вспомогательный / auxiliary, subsidiary // Hilfs=: дополнительное понятие или объект, помогающий в работе с основным объектом.

всюду плотное множество: то же, что *плотное множество*.

вторая космическая скорость, скорость освобождения, параболическая скорость / escape velocity, parabolic velocity // zweite kosmische Geschwindigkeit, parabolische Geschwindigkeit: минимальная начальная скорость, которую нужно сообщить находящемуся вблизи поверхности Земли телу для того, чтобы оно смогло преодолеть гравитационное притяжение Земли, т.е. навсегда покинуть Землю (см. *космические скорости*).

второе начало термодинамики / second law of thermodynamics // zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Entropiesatz m : один из основных законов *термодинамики*, устанавливающий необратимый характер макроскопических процессов, протекающих с конечной скоростью. Необратимы процессы *релаксации*, т.е. самопроизвольного приближения макроскопической системы к *равновесному состоянию*, и любые процессы, связанные с *теплообменом* при конечной разности температур, с *трением*, с *диффузией*, с выделением джоулевой теплоты.

входная мощность / input power // Eingangsleistung f : мощность, развиваемая внешним источником, приводящим в действие какое-либо техническое устройство.

входное напряжение / input voltage // Eingangsspannung *f*: *напряжение*, подаваемое на вход какой-либо электрической цепи.

входной / input // Eingangs=: входной параметр — параметр, значение которого следует задать перед началом вычисления.

входные данные / input data // Eingabedaten *pl*: в информатике: числа и другие данные, которые задают перед началом вычисления (в том числе, перед началом работы компьютерной *программы*).

выборка / sample // Stichprobe *f*: результат отбора части элементов из всего *множества* элементов; выборочный метод применяется в *математической статистике* для оценки свойств всего множества на основании изучения свойств части множества (выборки).

вывод / conclusion, deduction // Schluss *m*, Folgerung *f*: заключение, формулировка результата рассуждения или исследования.

вывод данных / data output // Datenabruf *m*: при работе с *компьютером* — извлечение из памяти компьютера накопленной информации.

выделение энергии / energy release // Energiefreisetzung *f*, Energieabgabe *f*: энергия, высвобождаемая при некотором процессе или при работе какого-либо технического устройства (например, двигателя).

выкладка / computation, calculation // Berechnung *f*: «ручное» (не компьютерное) вычисление, обычно с буквенными величинами.

вынужденное излучение, вынужденное испускание, стимулированное излучение, индуцированное излучение / induced emission, stimulated emission // induzierte Emission: испускание *электромагнитного излучения* квантовыми системами под действием внешнего (вынуждающего) излучения. Все характеристики вынужденного излучения (частота, фаза, поляризация, направление распространения) полностью совпадают с соответствующими характеристиками вынуждающего излучения. Если в веществе имеется инверсия населенностей каких-либо двух уровней энергии (т.е. населённость некоторого уровня энергии больше, чем уровня, лежащего ниже), то вынужденное излучение может преобладать над *поглощением* и *спонтанным излучением*, что используется в приборах *квантовой электроники*.

вынужденные колебания / forced oscillation // erzwungene Schwingungen: *колебания*, возникающие в какой-либо системе под действием периодической внешней силы. Характер вынужденных колебаний определяется как внешней силой, так и свойствами самой системы. Различают установившиеся вынужденные колебания неизменной амплитуды, происходящие с периодом, равным периоду внешней силы, и переходные процессы (процессы установления), в течение которых в системе присутствуют также колебания на *собственной частоте*. После затухания собственных колебаний в системе остаются только установившиеся вынужденные колебания. Амплитуда установившихся колебаний резонансно зависит от близости частоты внешнего воздействия

к собственной частоте: при совпадении этих частот амплитуда вынужденных колебаний (в случае слабого затухания) может стать очень большой — наступает явление *резонанса*.

выпрямитель / rectifier // Gleichrichter *m*: в электротехнике — прибор, преобразующий переменный ток в постоянный.

выпуклая область / convex domain // konvexes Gebiet: область на плоскости, которая вместе с любыми двумя своими точками содержит все точки соединяющего их отрезка. Например, *треугольник*, *параллелограмм*, *круг*, *эллипс* — выпуклые области, в то время как круг, из которого вырезан сектор раствора меньше 180° — невыпуклая область.

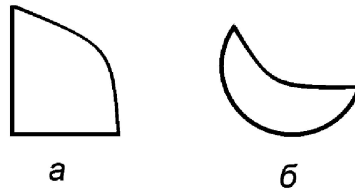


Рис. 17: Выпуклая область (а); невыпуклая область (б)

выпуклая функция / convex function // konvexe Funktion: функция $f(x)$, определённая на некотором интервале числовой оси, для любых двух точек x_1, x_2 которого выполняется неравенство

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) \leq \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}, \quad (*)$$

называется выпуклой на этом интервале. Например, функции x^2 и $|x|$ при всех x , функция $x^3 - 3x$ при $x \geq 0$ — выпуклые функции. Условие (*) геометрически означает, что середина хорды всякой дуги графика выпуклой функции лежит не ниже соответствующей точки графика функции. Если $f(x)$ — дважды дифференцируемая функция, то условие $f''(x) \geq 0$ необходимо и достаточно для выпуклости функции. Говорят, что график выпуклой функции обращён выпуклостью вниз, или имеет *выпуклость книзу*.

выпуклое тело / convex body // konvexer Körper *m*: тело в пространстве, которое вместе с любыми двумя своими точками содержит все точки соединяющего их отрезка. Например, *параллелепипед*, *пирамида*, *шар*, *конус*, *цилиндр* — выпуклые тела, в то время как *тор* — не выпуклое тело. Поверхность выпуклого тела называется выпуклой поверхностью.

выпуклость кверху / convexity upwards // Konvexität von oben: кривая $y = f(x)$ на плоскости x, y имеет выпуклость кверху (или «кривая

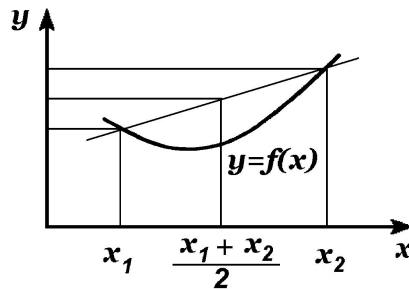


Рис. 18: Выпуклая функция

выпукла кверху») на интервале $x \in (a, b)$, если эта кривая лежит выше всякой своей хорды на этом интервале.



Рис. 19: Выпуклость кривой: а) кверху; б) книзу

Хордой называется прямолинейный отрезок, соединяющий какие-либо две точки $(\alpha, f(\alpha))$ и $(\beta, f(\beta))$ кривой, где $\alpha, \beta \in (a, b)$. Хорда имеет уравнение $y = \psi(x)$, где $\psi(x) = f(\alpha) + \frac{x-\alpha}{\beta-\alpha}f(\beta)$. Условие выпуклости кверху: $f(x) > \psi(x)$, $x \in (\alpha, \beta)$. Пример выпуклой кверху кривой: парабола $y = -x^2$.

вы́пуклость кни́зу / convexity downwards // Konvexität von unten: кривая $y = f(x)$ имеет выпуклость книзу (или «выпукла книзу», или «вогнута кверху»), если кривая $y = -f(x)$ имеет *выпуклость кверху*.

вы́пуклый многогра́нник / convex polyheder // konvexes Polyeder: *многогранник*, расположенный в пространстве по одну сторону от всякой плоскости, содержащей какую-либо грань многогранника.

вы́пуклый многоуго́льник / convex polygon // konvexes Vieleck: *многоугольник*, расположенный на плоскости по одну сторону от всякой прямой, содержащей какую-либо сторону многоугольника.

выраже́ние / expression // Ausdruck *m*: в математике — комбинация чисел, буквенных переменных и знаков операций, рассматриваемая как единый агрегат.

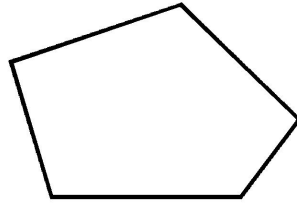


Рис. 20: Выпуклый многоугольник

вырожде́ние / degeneracy // Entartung f : в *квантовой механике*, в *теории колебаний и волн*: ситуация, когда некоторая физическая величина, характеризующая данную систему (атом, молекулу и т.п.), имеет одинаковое значение для различных состояний системы. Число таких состояний называют кратностью вырождения этой величины. Например, если у *маятника* частоты колебаний в двух взаимно перпендикулярных плоскостях совпадают, то при этом говорят о двукратном вырождении частот соответствующих мод (нормальных колебаний). Вырождение всегда связано со свойствами симметрии физической системы.

вы́рожденный / degenerated, confluent, singular // Ausartungs=, ausgeartet, degenerierter, singulär: в математике — слово, указывающее на то, что рассматриваемый объект находится в ситуации специфического частного случая. Например, квадратная *матрица*, у которой *определитель* равен нулю, называется вырожденной — такая матрица не имеет обратной, и среди её *собственных чисел* есть хотя бы одно нулевое.

выска́зывание / proposition, statement // Aussage f : в *логике* — осмысленная языковая конструкция, имеющая свойство быть истинной или ложной («закон исключённого третьего»). Пусть p обозначает некоторое высказывание. Если p истинно, то пишут $p = T$; если p ложно, то пишут $p = F$. Например, высказывания «5 есть простое число» и « $7 > 4$ » имеют значение T , высказывание « $7 < 4$ » — значение F . Высказывание « $x > 6$ » истинно или ложно в зависимости от значения переменной x . В множестве высказываний вводятся *логические операции*; наиболее употребительные операции: «не», «и», «или», соответственно обозначаемые символами $\neg$, $\wedge$, $\vee$ (логическое отрицание, логическое умножение, логическое сложение). Логические выражения строятся из высказываний и логических операций, причём сначала выполняется операция $\neg$, затем $\wedge$, затем $\vee$; порядок действий можно изменить при помощи скобок. Правила вычисления значений логических выражений:

- 1) $\neg p = T$, если $p = F$, и $\neg p = F$, если $p = T$;
- 2) $p_1 \wedge p_2 = F$ во всех случаях, кроме одного — когда $p_1 = T$ и $p_2 = T$:

в этом случае $p_1 \wedge p_2 = T$;

3) $p_1 \vee p_2 = T$ во всех случаях, кроме одного — когда $p_1 = F$ и $p_2 = F$: в этом случае $p_1 \vee p_2 = F$.

Например, пусть $p_1 = T$, $p_2 = T$, тогда: 1) $\neg(p_1 \vee p_2) = F$; 2) $(\neg p_1) \vee p_2 = T$; 3) $p_1 \vee (p_2 \wedge (\neg p_1)) = T$.

высота́ / altitude, height // Höhe *f*: расстояние по вертикали от какого-нибудь заданного уровня до рассматриваемой точки (находящейся над этим уровнем).

высота́ зву́ка / pitch of sound // Tonhöhe *f*: свойство звуковых колебаний, связанное с частотой: чем больше частота, тем «выше» звук.

вы́сшая матемáтика / higher mathematics // höhere Mathematik: традиционное название некоторых разделов математики, изучаемых в высших и средних специальных учебных заведениях.

выта́лкивающая си́ла, архимедова сила / buoyancy force, buoyancy // Auftrieb *m*, Auftriebskraft *f*: см. *закон Архимеда*.

вы́тянутый / prolate // verlängert: вытянутый *эллипсоид* вращения — поверхность вращения *эллипса* $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ($a > b$) вокруг оси абсцисс. См. также *сплюснутый*.

выходна́я мо́щность / output power // Ausgangsleistung *f*: мощность, развиваемая некоторым устройством (например, двигателем или генератором тока) и передаваемая внешним телам.

выходно́е напряже́ние / output voltage // Ausgangsspannung *f*: *напряжение* на выходе некоторой электрической цепи или генератора электрического тока.

выходные да́нные / output data // Ausgabedaten *pl*: в *информатике*: числа и другие виды информации, получаемые в результате вычисления, обычно — при работе компьютерной *программы*, см. *вывод данных*.

вы́чет 1 / residue // Residuum *n*: вычет в *особой точке* $z = a$ однозначной *аналитической функции* $f(z)$ комплексной переменной z — число, определяемое как коэффициент при $(z - a)^{-1}$ в разложении функции в *ряд Лорана* в окрестности этой особой точки. Обозначается $\text{res}_a f(z)$. Если a есть p -кратный полюс функции, то

$$\text{res}_a f(z) = \frac{1}{(p-1)!} \lim_{z \rightarrow a} \frac{d^{p-1}}{dz^{p-1}} (z-a)^p f(z).$$

Вычеты применяются, в частности, для быстрого вычисления некоторых определённых интегралов.

вы́чет 2 / remainder // Rest *m*: «вычет числа x по модулю m » / remainder on dividing x by m // Rest bei der Division von x durch m : то же, что остаток от деления x на m , см. *деление с остатком*.

вычислѐние / calculation, computation // Rechnung *f*, Berechnung *f*: процедура, заключающаяся в выполнении операций над числами или буквенными выражениями.

вычислѐтельная матемáтика / computational mathematics // numerische Mathematik: раздел математики, включающий круг вопросов, связанных с использованием *компьютеров*. В частности, вычислительная математика разрабатывает методы и алгоритмы для численного (обычно приближённого) решения типовых математических задач — вычисления значений функций, интегралов, решения уравнений и систем, дифференциальных и интегральных уравнений и т.д. Методы вычислительной математики широко используются в современной физике и других науках.

вычитáемое / subtrahend // Subtrahend *m*: в операции *вычитания* — величина, которую вычитают из *уменьшаемого*: если $A = C - B$, то C — уменьшаемое, B — вычитаемое.

вычитáние / subtraction // Subtraktion *f*: операция, обратная к операции *сложения*: если $C = A + B$, то $A = C - B$, $B = C - A$.

вышедокáзанный / proved above // obergewiesend: доказанный на предыдущих страницах или строках.

вязкость, внутреннее трение / viscosity // Zähigkeit *f*: свойство *жидкостей* и *газов* оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой, зависящее от скорости перемещения. Основной закон вязкого трения был установлен И. *Ньютоном* в 1687 г.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Г

газ / gas // Gas *n*: *вещество* в газообразном *агрегатном состоянии*, характеризующемся тем, что его частицы (*молекулы* или *атомы*) слабо связаны между собой силами взаимодействия и движутся свободно, занимая весь предоставленный им объём.

га́зовая дина́мика (газодина́мика) / gas dynamics // Gasdynamik *f*: раздел физики, в котором изучается движение сжимаемых сплошных сред (*газов, плазмы*) и их взаимодействие с *твёрдыми телами*. В современной газодинамике изучают также течения газа при высоких температурах, сопровождающиеся химическими реакциями (диссоциация, горение) и физическими превращениями (ионизация, излучение). Исторически газодинамика возникла как развитие и обобщение *аэродинамики*.

га́зовая постоянная / gas constant // Gaskonstante *f*: универсальная физическая константа R , входящая в уравнение состояния идеального газа $pV = \nu RT$, где p — *давление*, V — *объем*, ν — количество газа (число *молей*), T — *абсолютная температура*. Численное значение газовой постоянной в единицах СИ 8,3144 Дж/(моль·К).

гала́ктика / galaxy // Galaxie *f*: звёздное скопление, состоящее из миллиардов *звёзд*, имеющее, как правило, сплюснутую (чечевицеобразную) спиральную структуру. Размеры галактик — порядка сотен тысяч *световых лет*. Наша *Солнечная система* находится на краю одной из галактик, называемой Галактикой (Galaxy, Milky way // Galaxis *f*, Milchstrasse *f*), или Млечным путём.



Рис. 21: Спиральная галактика

Галиле́й (Galileo Galilei, 1564–1642): итальянский астроном и физик, один из основоположников точного естествознания. Его исследования в механике (открытие законов: инерции, падения тел, колебаний маятника), оптике (изобретение зрительной трубы) и астрономии (открытие гор на Луне, спутников Юпитера, фаз Венеры, пятен на Солнце) проложили новые пути в науке. Развил учение *Коперника* о гелиоцентрическом строении солнечной системы, но был принуждён римским католическим судом публично отречься от этого учения.

га́ллий / gallium // Gallium *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Ga, номер 31).

галло́н / gallon // Gallone *f*: единица объёма для жидких и сыпучих тел в *английской системе единиц*; 1 галлон (1 gal.) = 4 *квартам*. В Великобритании 1 галлон = 4,546 *литров*; в США для жидких тел 1 галлон равен 3,785 литра, а для сыпучих тел — 4,405 литра.

Галуа́ (Evariste Galois, 1811–1832): французский математик, своими новыми методами в исследовании проблемы разрешимости алгебраических уравнений в радикалах заложивший основы современной *алгебры*. С идеями Галуа связаны такие важнейшие понятия, как *группы*, *кольца*, *поля*, *векторные пространства* и *алгебры*. Галуа погиб на дуэли; его идеи не были поняты современниками, его труды были опубликованы только в

1846 году.

гальванометр / galvanometer // Galvanometer *n*: высокочувствительный измерительный прибор для определения малых *токов* и *напряжений*. Баллистический гальванометр служит для измерения малых *зарядов* (количеств электричества).

Гамильтон (Sir William Rowan Hamilton, 1805–1865): английский математик и астроном. Известен своими исследованиями в механике (принцип Гамильтона), в оптике, а также изобретением *кватернионов*. См. также *уравнение Гамильтона–Якоби* и *гамильтониан*.

гамильтониан 1 / Hamiltonian function // Hamiltonsche Funktion: то же, что *функция Гамильтона*.

гамильтониан 2, набла-оператор / nabla operator, Hamiltonian // Nablaoperator *m*, Hamiltonscher Operator: ∇ -оператор, символический дифференциальный оператор 1-го порядка, применяемый для записи основных дифференциальных операций векторного анализа. В *декартовых координатах* (x, y, z) имеет вид

$$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}.$$

Применение оператора ∇ к скалярной функции $\phi(x, y, z)$ дает *градиент* функции: $\nabla \phi = \text{grad } \phi = \vec{i} \frac{\partial \phi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \phi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \phi}{\partial z}$.

Дивергенция векторного поля $\vec{A}(x, y, z) = (A_1, A_2, A_3)$ записывается в виде *скалярного произведения* оператора ∇ на вектор $\vec{A}$: $(\nabla, \vec{A}) = \text{div } \vec{A} = \frac{\partial A_1}{\partial x} + \frac{\partial A_2}{\partial y} + \frac{\partial A_3}{\partial z}$.

Ротор, или вихрь, векторного поля $\vec{A}(x, y, z) = (A_1, A_2, A_3)$ записывается в виде *векторного произведения* оператора ∇ на вектор $\vec{A}$:

$$[\nabla, \vec{A}] = \text{rot } \vec{A} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_1 & A_2 & A_3 \end{vmatrix}.$$

гамма-излучение, γ -излучение / gamma rays, gamma radiation // Gammastrahlung *f*, γ -Strahlung *f*: коротковолновое *электромагнитное излучение* с длиной волны менее 10^{-10} м. Гамма-излучение обладает ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. может рассматриваться как поток частиц — гамма-квантов (*фотонов*) с энергией $E = h\nu$ ($E = \hbar\omega$) и импульсом $p = E/c$. Гамма-излучение сопровождает радиоактивный распад (см. *радиоактивность*) в тех случаях, когда образующиеся ядра находятся в возбужденных состояниях и при переходе в основное состояние испускают гамма-кванты. Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью.

га́мма-фу́нкция, Г-функция / gamma-function, Г-function // Gammafunktion f , Г-Funktion f : обобщение понятия *факториал*. При $x > 0$ гамма-функцию можно задать эйлеровым интегралом 2-го рода $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$. Допускает *аналитическое продолжение* на комплексную плоскость в виде однозначной *мероморфной функции*, имеющей простые полюса в точках $z = 0, -1, -2, -3, \dots$. Имеют место следующие формулы: $\Gamma(1) = 1$, $\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$, $\Gamma(z) \cdot \Gamma(1-z) = \pi/\sin \pi z$, $\Gamma(n+1) = n!$, где n — натуральное число. Гамма-функция входит во многие формулы, в частности, в выражения для определённых интегралов, бесконечных произведений и сумм рядов, а также для *специальных функций*, например, *функций Бесселя*.

гармо́ника / harmonic, harmonic component // Harmonische f , Fourier-Komponente, harmonische Komponente: одно из слагаемых *ряда Фурье*.

гармоническая фу́нкция / harmonic function // harmonische Funktion: функция $u(x_1, \dots, x_n)$ от переменных $x_1, \dots, x_n$ называется гармонической в области D , если в этой области она непрерывна, имеет непрерывные *частные производные* до 2-го порядка включительно и удовлетворяет *уравнению Лапласа*.

гармонические колеба́ния / harmonic oscillation // harmonische Schwingung: *колебания*, при которых изменение некоторой характеризующей систему величины y (например, отклонения колеблющейся точки от положения равновесия) происходит с течением времени по (ко)синусоидальному закону: $y = A \cos(\omega t + \phi_0)$ или $y = A \sin(\omega t + \phi_0)$, где $|A|$ — амплитуда, ω — круговая частота, t — время, ϕ_0 — начальная фаза. Аргумент косинуса (или синуса), т.е. величина $\phi = \omega t + \phi_0$, называется *фазой колебания*. Равносильное представление гармонического движения: $y = B \cos \omega t + C \sin \omega t$, где B и C — некоторые постоянные.

гармонический осцилля́тор / harmonic oscillator // harmonischer Oszillator: колебательная система, совершающая *гармонические колебания*. Движение такой системы описывается *линейным дифференциальным уравнением* $\ddot{y} + \omega^2 y = 0$ (точки над y означают дифференцирование по t). Решение этого уравнения $y = A \cos(\omega t + \phi_0)$ описывает гармоническое колебание.

гармонический ряд / harmonic series // harmonische Reihe: числовой ряд $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$. Этот ряд расходится (его сумма равна $+\infty$).

Га́усс (Karl Friedrich Gauß, 1777–1855): немецкий математик и астроном, директор обсерватории в Гёттингене. Один из самых выдающихся математиков 19-го века; проложил новые пути во многих областях математики, таких как теория чисел, алгебра, геометрия, анализ, теория вероятностей.

гау́ссиа́н / normal distribution, Gaussian distribution // Gaußverteilung

f , Normalverteilung f : функция $\phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$, выражает плотность нормального распределения вероятностей.

га́уссова кривизна́, полная кривизна / total curvature, Gaussian curvature // Gaußsche Krümmung, Totalkrümmung f : см. *кривизна*.

га́уссова систе́ма единиц / Gaussian system of units // Gaußsches Einheitensystem n : *система единиц* с основными единицами сантиметр, грамм, секунда (иначе называемая симметричной системой СГС). В этой системе диэлектрическая проницаемость ε и магнитная проницаемость μ безразмерны, причем для вакуума $\varepsilon = 1$ и $\mu = 1$. Названа в честь немецкого ученого К.Ф. Гаусса.

Гейзенберг (Werner Karl Heisenberg, 1901–1976): немецкий физик-теоретик, один из создателей *квантовой механики*, Нобелевский лауреат (1932). Соотношение неопределённостей Гейзенберга количественно описывает невозможность одновременно измерить точно положение и импульс квантовой частицы. Именно, неопределённость Δx координаты x и неопределённость Δp_x соответствующей проекции импульса p_x связаны неравенством $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$, где $h = 6,6260755 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка.

гексагона́льный / hexagonal // sechseckig: шестиугольный.

гекта́р / hectare // Hektar n : единица площади в *метрической системе единиц*; 1 гектар (1 га) = 100 *арам* = 10 000 квадратных метров.

ге́лий / helium // Helium n : *инертный газ*, элемент *периодической системы химических элементов* (He, номер 2).

гелико́ид / helicoid // Helikoid n , Schraubenfläche f : винтовая поверхность в пространстве. Пусть прямая линия, пересекающая под прямым углом некоторую неподвижную ось, вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг этой оси и одновременно перемещается поступательно с постоянной скоростью v вдоль оси. Тогда эта прямая описывает геликоид. В случае вращения вокруг оси z параметрические уравнения геликоида имеют вид: $x = \rho \cos \omega t$, $y = \rho \sin \omega t$, $z = vt$, где x, y, z — *декартовы координаты* точки поверхности, $\rho \in (-\infty, +\infty)$ и $t \in (-\infty, +\infty)$ — параметры.

Если вращающаяся прямая составляет с осью постоянный угол $\alpha \neq 90^\circ$, поверхность называется косым геликоидом.

гелиоце́нтрическая систе́ма отсчёта / heliocentric frame of reference // heliozentrisches Bezugssystem, kopernikanisches Bezugssystem: система отсчета с началом в центре масс *Солнечной системы* (практически в центре Солнца) и осями координат, направленными на неподвижные звезды. Гелиоцентрическую систему с высокой точностью можно считать *инерциальной системой отсчета*, т.е. системой отчета, в которой справедливы законы ньютоновской механики. Начиная с Коперника и Галилея, гелиоцентрическая система используется главным образом в задачах *небесной механики*.

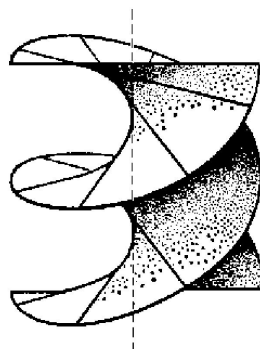


Рис. 22: Геликоид

Гельмгольц (Hermann von Helmholtz, 1821–1894): немецкий физик и естествоиспытатель. Обосновал закон сохранения энергии, сформулировал понятие элементарного электрического заряда, провёл фундаментальные исследования в акустике, оптике, а также физиологии зрения и слуха.

генератор / generator // Generator *n*: общее название многочисленных технических устройств, предназначенных для преобразования какого-либо вида энергии от постоянного источника в энергию *колебаний* или *волн* того или иного вида (акустических, электромагнитных и т.п.).

гэнри, Гн / henry, H // Henry *n*, H: единица СИ *индуктивности* и взаимной индуктивности. Названа в честь американского ученого Дж. Генри (Joseph Henry, 1797–1878). 1 Гн равен индуктивности электрического контура, возбуждающего *магнитный поток* в 1 вебер при протекании через контур *электрического тока* силой 1 А. Эквивалентное определение: 1 Гн равен индуктивности цепи, в которой возникает ЭДС самоиндукции в 1 В при равномерном изменении тока в этой цепи со скоростью 1 А/с.

геодезическая линия / geodesic line // geodätische Linie: геодезическая линия на поверхности — кривая, соединяющая две точки на поверхности и имеющая наименьшую длину. На *сфере* геодезические линии — дуги «большого круга», т.е. части пересечения сферы и плоскости, проходящей через центр сферы. Геодезическая линия в *римановом пространстве* определяется как кривая, дающая минимум *функционалу*, задающему *метрику* пространства.

геодезия / geodesy // Geodäsie *f*: наука, изучающая размеры и форму Земли и занимающаяся отображением земной поверхности на картах и планах. В геодезию как составная часть входит *топография*.

геометрическая оптика / geometrical optics // geometrische Optik: раздел оптики, в котором изучаются законы распространения оптического

излучения (*света*) в различных средах на основе представлений о световых лучах. Под световым лучом понимают линию, вдоль которой происходит распространение световой энергии. На границе раздела сред лучи преломляются по *закону Снеллиуса* и отражаются по закону «угол отражения равен углу падения». На основе геометрической оптики объясняется образование изображений и рассчитываются *абберации* оптических систем. Геометрическая оптика описывает реальное распространение света приближённо, когда можно пренебречь *дифракцией* света. Дифракция определяет предельную *разрешающую способность* оптических приборов.

геометри́ческая прогрессия / geometric progression // geometrische Reihe: числовая последовательность $\{b_n\}$ (конечная или бесконечная), каждый член которой равен предыдущему члену, умноженному на некоторое постоянное ненулевое число q , называемое знаменателем прогрессии: $b_{n+1} = b_n \cdot q$; число b_1 называется первым членом г.п. Например, числа 1, 2, 4, 8, 16, ... образуют г.п. со знаменателем 2 и первым членом 1. Свойство членов г.п. (при $n \geq 2$): $b_n^2 = b_{n-1}b_{n+1}$, т.е. квадрат каждого члена равен произведению предыдущего и последующего членов. Общий член b_n вычисляется по формуле: $b_n = b_1 q^{n-1}$. Сумма n членов г.п., начиная с первого члена: $b_1 + b_2 + \dots + b_n = b_1 \frac{1-q^n}{1-q}$.

геометри́ческое ме́сто то́чек / locus // geometrischer Ort: множество точек, обладающих заданным свойством; например, сфера есть геометрическое место точек, равноудалённых от фиксированной точки (центра сферы).

геоме́трия / geometry // Geometrie *f*: раздел математики, изучающий свойства фигур на плоскости и в пространстве. Современная геометрия включает планиметрию, стереометрию, тригонометрию, а также начертательную, аналитическую, проективную, дифференциальную, риманову геометрии и топологию.

геофи́зика / geophysics // Geophysik *f*: совокупность наук, изучающих физические свойства земного шара в целом и физические процессы, протекающие в его твёрдой, жидкой и газообразной оболочках, которые находятся во взаимодействии и кроме того подвергаются внешним воздействиям (главным образом Солнца и Луны).

герб или ре́шка? / heads or tails? // Kopf oder Zahl?: в *теории вероятностей* — вопрос при бросании монеты (говорят также «орёл или решка», «герб или цифра»).

герма́ний / germanium // Germanium *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Ge, номер 32), *полупроводник*, один из основных материалов полупроводниковой электроники.

Геро́н (Heroon, около 1-го в. до н.э.): выдающийся греческий инженер и учёный, работавший в Александрии. Дал систематическое изложение

достижений древности в области прикладной математики и механики. Формула Герона выражает площадь треугольника S через его стороны a, b, c : $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, где $p = (a+b+c)/2$ — полупериметр.

Герц (Heinrich Rudolf Hertz, 1857–1894): немецкий физик. Экспериментально подтвердил вытекающее из теории *Максвелла* утверждение о существовании *электромагнитных волн*. Впервые создал прибор, излучающий радиоволны («вибратор Герца», 1887).

герц / hertz, cycle per second // Hertz n : единица частоты в СИ и системе СГС. Названа в честь немецкого физика Г. Герца. 1 Гц — частота периодического процесса, при которой в 1 секунду происходит 1 цикл процесса. Сокращение: Гц (Hz). 1000 герц составляют 1 килогерц, 1000 килогерц составляют 1 мегагерц.

гесси́ан / Hessian // Hessische Determinante: для функции нескольких переменных $f(x_1, \dots, x_n)$ — определитель *матрицы Гессе*.

гетерогéнная систéма / heterogeneous system // heterogenes System: неоднородная *термодинамическая система*, состоящая из различных по своим физическим свойствам частей (фаз). Смежные фазы отделены друг от друга границами раздела, на которых скачком изменяются свойства (*агрегатное состояние, плотность, кристаллическая структура* и т.п.). Примеры гетерогенных систем: вода и лед, вода и водяной пар, несмешивающиеся жидкости (вода и растительное масло) и т.п.

ги́бкий / flexible, elastic // elastisch, biegsam, nachgiebig: допускающий изгибание, изменение формы без разрушения.

гíга / giga= // Giga=: приставка, означающая 10^9 , например, гигатонна; см. также *гигабайт*.

гигаба́йт [сокр: GB] / gigabyte // Gigabyte n : 1024 *мегабайта*.

гигрóметр / hygrometer, humidity meter // Hygrometer n : прибор для измерения *влажности воздуха*.

гидра́влика / hydraulics // Hydraulik f : наука о законах равновесия и движения *жидкостей* и способах применения этих законов к решению инженерных задач.

гидроаку́стика / hydroacoustics // Hydroakustik f : часть *акустики*, занимающаяся вопросами распространения *звука* в воде. В морях и океанах часто образуются *подводные звуковые каналы*, по которым звуки могут распространяться на десятки и сотни километров. Это позволяет использовать звук для подводной связи, локации и разведки.

гидродина́мика / hydrodynamics // Hydrodynamik f : часть *гидромеханики*, изучающая движущиеся жидкости или газы, а также механическое воздействие движущихся жидкостей и газов на находящиеся в них тела.

гидромехáника / hydromechanics // Hydromechanik f : раздел физики,

изучающий законы равновесия и движения покоящейся или движущейся *жидкости* или *газа* и их взаимодействия между собой и с обтекаемыми ими телами. Методами гидромеханики решаются самые разнообразные технические задачи в кораблестроении и энергомашиностроении, в авиации, артиллерии и ракетной технике, при добыче нефти и газа и строительстве нефте- и газопроводов, в гидротехническом строительстве, при изучении биологических процессов (дыхание, кровообращение).

гидростáтика / hydrostatics // Hydrostatik *f*: часть *гидромеханики*, изучающая находящиеся в равновесии жидкости или газы, а также механическое воздействие жидкостей и газов на находящиеся в них тела.

Гильберт (David Hilbert, 1862–1943): немецкий математик. Большой вклад в геометрию, математическую логику, теорию чисел, математическую физику, теорию функций, интегральные уравнения. С именем Гильберта связаны, в частности, *гильбертово пространство*, инвариантный интеграл Гильберта, *оператор Гильберта-Шмидта*, преобразование Гильберта, схема Гильберта в алгебраической геометрии, гильбертова система аксиом евклидовой геометрии.

гильбертово простран́ство / Hilbert space // Hilbertraum *m*: бесконечномерное векторное пространство H со скалярным произведением (f, g) , полное относительно нормы $\|f\| = \sqrt{(f, f)}$, порождённой скалярным произведением. Полнота пространства означает, что любая фундаментальная последовательность этого пространства (т.е. такая последовательность $f_1, f_2, \dots$, что $\|f_n - f_m\| \rightarrow 0$ при $m, n \rightarrow \infty$) имеет предел $f = \lim_{n \rightarrow \infty} f_n$, принадлежащий пространству: $f \in H$. Гильбертово пространство — важный частный случай *банахового пространства*. Примеры: 1) Пространство l_2 бесконечных вещественных числовых последовательностей $x = \{x_n\}$, для которых $\sum_{n=1}^{\infty} x_n^2 < \infty$; скалярное произведение задается формулой $(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} x_n y_n$. 2) Пространство $L^2[a, b]$ *измеримых* вещественных функций $f(x)$ на промежутке $[a, b]$, для которых $\int_a^b f^2(x) dx < \infty$ (интеграл понимается в смысле *интеграла Лебега*); скалярное произведение задается формулой $(f, g) = \int_a^b f(x)g(x) dx$.

гипéрбола / hyperbola // Hyperbel *f*: плоская кривая, одна из *кривых второго порядка*. Каноническое уравнение: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$. Здесь x, y — прямоугольные *декартовы координаты* точки гиперболы, a и b — соответственно «вещественная» и «мнимая» полуоси, $a > 0$, $b > 0$. Гипербола состоит из двух бесконечных *выпуклых* ветвей, расположенных симметрично друг другу относительно оси ординат. Ось абсцисс является осью симметрии для каждой ветви гиперболы. Точки $F_1(-c, 0)$ и $F_2(c, 0)$, где $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, называются *фокусами* гиперболы. Величина $e = c/a$ называется эксцентриситетом гиперболы; $e > 1$. Каждая ветвь гиперболы имеет при $x \rightarrow \infty$ *асимптоты*, уравнения которых $y = \pm b/a$.

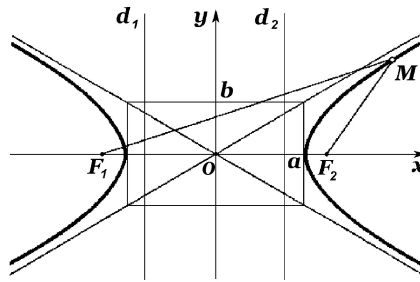


Рис. 23: Гипербола

Если $a = b$, гипербола называется равнобочной. В системе координат $x'y'$, повёрнутой на 45° по отношению к системе xy , уравнение равнобочной гиперболы имеет вид $x'y' = C$. *Обратно пропорциональная* зависимость графически изображается равнобочной гиперболой.

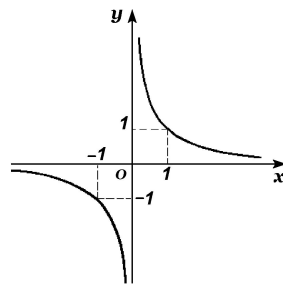


Рис. 24: Равнобочная гипербола

Геометрически гипербола может быть определена как плоская кривая, состоящая из точек, для каждой из которых разность расстояний до двух фиксированных точек на плоскости (фокусов) постоянна. Гипербола представляет собой одно из *конических сечений*, а именно кривую, которая получается при пересечении кругового конуса плоскостью, параллельной оси конуса.

гиперболические фўнкции / hyperbolic functions // Hyperbelfunktionen *pl*: 1) гиперболический синус, $\text{sh } x = \frac{1}{2}(e^x - e^{-x})$; 2) гиперболический косинус, $\text{ch } x = \frac{1}{2}(e^x + e^{-x})$; 3) гиперболический тангенс, $\text{th } x = \frac{\text{sh } x}{\text{ch } x}$; 4) гиперболический котангенс, $\text{cth } x = \frac{\text{ch } x}{\text{sh } x}$.

Между гиперболическими и *тригонометрическими функциями* имеется связь: $\text{sh } ix = i \sin x$, $\text{ch } ix = \cos x$, $\text{th } ix = i \tan x$, $\text{cth } ix = -i \cot x$. Гиперболические функции обозначают также: $\sinh x$, $\cosh x$, $\tanh x$, $\coth x$.

Соответствующие обратные гиперболические функции: 1) ареасинус, $\text{arsh } x = \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$, $-\infty < x < +\infty$; 2) ареакосинус, $\text{arch } x = \ln(x +$

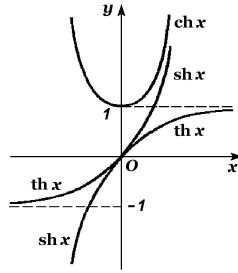


Рис. 25: Гиперболические функции

$\sqrt{x^2 - 1}$, $1 \leq x < +\infty$; 3) аретангенс, $\text{arth } x = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x}$, $-1 < x < 1$; 4) ареакотангенс, $\text{archth } x = \frac{1}{2} \ln \frac{x+1}{x-1}$, $x < -1$ и $x > 1$. Эти функции обозначают также: $\text{arsinh } x$, $\text{arcosh } x$, $\text{artanh } x$, $\text{arcoth } x$.

гиперболическое уравнение / hyperbolic equation // hyperbolische Gleichung: линейное дифференциальное уравнение с частными производными 2-го порядка

$$\sum_{j,k=1}^n a_{jk}(\vec{x}) \frac{\partial^2 u}{\partial x_j \partial x_k} + \sum_{k=1}^n b_k(\vec{x}) \frac{\partial u}{\partial x_k} + c(\vec{x})u = f(\vec{x}), \quad \vec{x} = (x_1, \dots, x_n),$$

называется гиперболическим уравнением, или уравнением гиперболического типа, если одно из *собственных значений* матрицы $A = (a_{jk})$ положительно, а все остальные отрицательны (или наоборот). При этом матрица A предполагается вещественной и симметричной, $a_{jk} = a_{kj}$. Примеры: *уравнение колебаний струны, уравнение колебаний мембраны.*

гиперболоид / hyperboloid // Hyperboloid n : поверхность в пространстве, заданная одним из двух уравнений:

$$(1) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (2) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = -1.$$

Здесь x, y, z — *декартовы координаты* точки поверхности, a, b, c — полуоси, $a > 0, b > 0, c > 0$. Поверхность (1) называется «однополостный гиперболоид» (one-sheeted hyperboloid // einschaliges Hyperboloid), это — *линейчатая* поверхность; поверхность (2) — «двухполостный гиперболоид» (two-sheeted hyperboloid // zweischaliges Hyperboloid).

гипергеометрическая функция / hypergeometric function // hypergeometrische Funktion: решение *гипергеометрического уравнения*. Стандартные *линейно независимые* решения: 1) гипергеометрическая функция 1-го рода, определяемая как сумма ряда *Гаусса*:

$$F(\alpha, \beta; \gamma; z) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha(\alpha+1)\dots(\alpha+n-1)\beta(\beta+1)\dots(\beta+n-1)}{\gamma(\gamma+1)\dots(\gamma+n-1)} \cdot \frac{z^n}{n!},$$

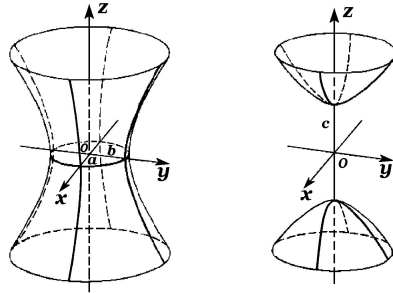


Рис. 26: Гиперboloиды

где α, β, γ — вещественные или комплексные постоянные, причём $\gamma \neq 0, -1, -2, \dots$. Ряд сходится при $|z| < 1$. Возможно *аналитическое продолжение* функции $F(\alpha, \beta; \gamma; z)$ на комплексную плоскость z с *разрезом* по лучу $[1, +\infty)$.

2) Гипергеометрическая функция 2-го рода:

$$\Phi(\alpha, \beta; \gamma; z) = \frac{\Gamma(\alpha - \gamma + 1)\Gamma(\beta - \gamma + 1)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)\Gamma(1 - \gamma)} z^{1-\gamma} F(\alpha - \gamma + 1, \beta - \gamma + 1; 2 - \gamma; z),$$

где $\Gamma(z)$ — *гамма-функция*.

гипергеометрический ряд / hypergeometric series // hypergeometrische Reihe: ряд Гаусса, см. *гипергеометрическая функция*.

гипергеометрическое уравнение / hypergeometric equation // hypergeometrische Differenzialgleichung: *обыкновенное дифференциальное уравнение*

$$z(z-1)w'' + ((\alpha + \beta + 1)z - \gamma)w' + \alpha\beta w = 0. \quad (*)$$

Здесь z — независимая переменная, $w = w(z)$ — искомая функция, α, β, γ — постоянные (комплексные) числа. Уравнение (*), рассматриваемое на *комплексной плоскости* z , имеет три *особые точки*: $0, 1, \infty$, причём все они — *регулярно особые точки*. Решения уравнения (*) выражаются через *гипергеометрический ряд*. Гипергеометрическое уравнение называется также уравнением Гаусса.

гиперон / hyperon // Нурегон n : общее название для нестабильных *элементарных частиц* с массой больше нуклонной и большим (по ядерным масштабам) *временем жизни*. Гипероны относятся к *адронам* и являются *барионами*. Первый гиперон был открыт в космических лучах. Детальное изучение гиперонов стало возможным после создания *ускорителей заряженных частиц* на высокие энергии.

гиперплоскость / hyperplane // Hyperebene f : в n -мерном *евклидовом пространстве* при $n > 3$ — множество точек $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, координаты которых удовлетворяют уравнению $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b = 0$.

гиперповёрхность / hypersurface // Hyperfläche f : в n -мерном *евклидовом пространстве* при $n > 3$ — множество точек $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, координаты которых удовлетворяют уравнению $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$.

гипóтеза / conjecture, hypothesis // Hypothese f , Vermutung f : предположительное высказывание. Например, *гипотеза Римана* о нулях *дзета-функции*.

гипóтеза Рíмана / Riemann conjecture // Riemannsche Vermutung: *Риман* высказал предположение, что все нули *дзета-функции* $\zeta(z)$ на комплексной плоскости z , лежащие в полосе $0 \leq \operatorname{Re} z \leq 1$, имеют вещественную часть, равную $\frac{1}{2}$. Гипотеза Римана не доказана и не опровергнута (2011). Если она справедлива, то из неё вытекают многие важные утверждения *теории чисел*, в том числе о распределении *простых чисел*.

гипотену́за / hypotenuse // Hypotenuse f : сторона *прямоугольного треугольника*, расположенная против прямого угла.

гипоциклóида / hypocycloid // Hypozykloide f : плоская кривая, которую описывает точка $M(x, y)$ окружности радиуса r , катящаяся по другой окружности радиуса $R > r$ и имеющая с ней внутреннее касание. Параметрические уравнения:

$$x = (R - r) \cos \theta + r \cos[\theta(R - r)/r], \quad y = (R - r) \sin \theta - r \sin[\theta(R - r)/r],$$

где θ — угол поворота отрезка, соединяющего центры неподвижной и катящейся окружностей. В зависимости от значения параметра $m = R/r$ получаются кривые различной формы, в частности, при $m = 4$ гипоциклоида является *астроидой*.

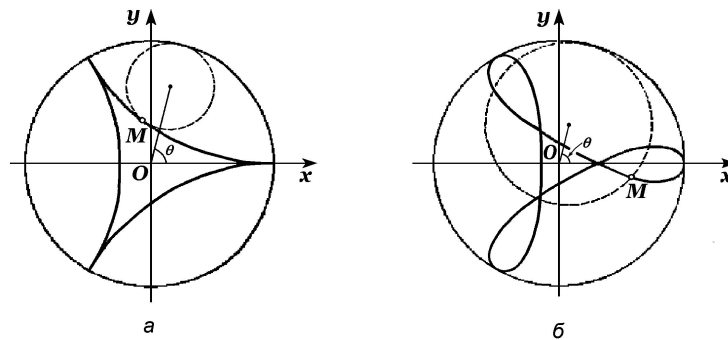


Рис. 27: Гипоциклоиды: а) $m = 3$; б) $m = 3/2$

гирóскоп / gyroscope, gyro // Kreisel m : физический прибор, в котором используется быстро вращающееся симметричное *твёрдое тело*, ось которого может изменять свое направление в пространстве. Простейший пример гироскопа — детский волчок, быстро вращающийся вокруг своей оси.

На свойствах гироскопа основано действие разнообразных устройств и приборов, широко применяемых в современной технике, в частности, действие гирокомпасов и других навигационных устройств, используемых в авиации, морском флоте, ракетной и космической технике.

гистерéзис / hysteresis // Hysteresis f : явление, заключающееся в том, что состояние тела (например, намагниченность) неоднозначно зависит от внешних условий (например, магнитного поля). Гистерезис наблюдается тогда, когда состояние тела в данный момент времени определяется внешними условиями не только в тот же, но и в предшествующие моменты времени. Гистерезис наблюдается в различных веществах и при разных физических процессах.

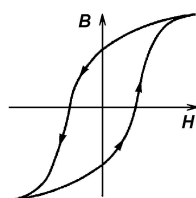


Рис. 28: Петля магнитного гистерезиса

гистогра́мма / histogram, bar chart // Histogramm n : в статистике — один из видов графического представления экспериментальных данных. Для построения гистограммы весь диапазон полученных на опыте значений $X_1, \dots, X_n$ наблюдаемой случайной величины X разбивается точками $x_1, \dots, x_{k+1}$ на k равных интервалов, для каждого из интервалов $[x_i, x_{i+1})$ ($i = 1, \dots, k$) подсчитывается число наблюдений m_i , приходящихся на этот интервал, и вычисляется соответствующая частота $h_i = m_i/n$. На оси абсцисс отмечаются точки x_i , интервалы $[x_i, x_{i+1}]$ принимаются за основания прямоугольников с высотами, равными h_i (либо m_i). Например, пусть измерение толщины 1000 стволов елей дало результаты:

диаметр (в см)	22–27	27–32	32–37	37–42	42–47	47–52
число стволов	100	130	500	170	50	50

Соответствующая гистограмма изображена на рис... Здесь $n = 1000$, $k = 6$; на оси абсцисс отмечены диаметры стволов $x_1 = 100$ и $x_7 = 52$, на оси ординат отмечены частоты $m_1/n = 0,1$ и $m_3/n = 0,5$.

гла́вная диагона́ль / principal diagonal, main diagonal // Hauptdiagonale f : главная диагональ матрицы: множество диагональных элементов матрицы, т.е. элементов вида a_{ii} (номер строки совпадает с номером столбца).

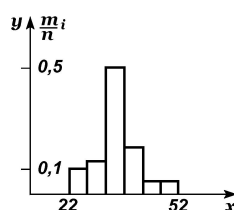


Рис. 29: Гистограмма

главный минор, диагональный минор / principal minor // Hauptunterdeterminante f , Hauptminor m : главный минор матрицы A — минор, составленный из элементов таких строк и столбцов матрицы A , что номера отмеченных строк совпадают с номерами отмеченных столбцов. Это означает, в частности, что если в минор входит элемент a_{ik} , то в него входит и a_{ki} , а также a_{ii} и a_{kk} .

гладкий / smooth // glatt: в математике — прилагательное, употребляемое в различных значениях. а) Гладкая кривая — линия, имеющая в каждой точке касательную, положение которой меняется непрерывно при движении точки касания вдоль кривой; гладкая поверхность — поверхность, имеющая в каждой точке касательную плоскость, положение которой меняется непрерывно при движении точки касания по поверхности. б) Гладкая функция — непрерывно дифференцируемая один или несколько раз (обычно указывается в контексте).

Примеры: эллипс, гипербола, парабола — гладкие кривые; ломаная линия — не гладкая кривая; сфера, эллипсоид, гиперболоид, параболоид — гладкие поверхности; конус — не гладкая поверхность, так как имеет особую точку (вершину); многогранная поверхность — не гладкая (имеет особые линии — рёбра); полиномы, e^x , $\sin x$ — гладкие функции (бесконечно дифференцируемые); функция $|x|$ — не гладкая (имеется скачок производной при $x = 0$).

глаз / eye // Auge n : орган зрения, воспринимающий световое раздражение. Глаз человека — сложная оптическая система, позволяющая тонко различать цвета, формы и расположение предметов окружающего мира. Глазу как оптическому прибору присущи явления сферической и хроматической аберраций.

глобальный / global // global: охватывающий весь предмет целиком.

глубокий / deep, profound // tief, profund: а) достигающий значительной глубины, протяжённый в вертикальном направлении (вниз), например, глубокое море, глубокая потенциальная яма; б) глубокий результат —

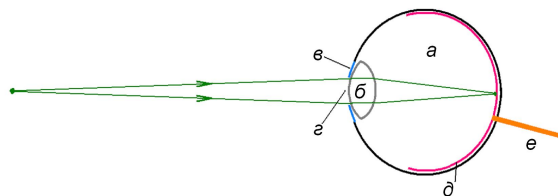


Рис. 30: Глаз человека (схема): а - стекловидное тело, б - хрусталик, в - радужная оболочка, г - зрачок, д - сетчатка, е - зрительный нерв

важный результат, затрагивающий принципиальные стороны вопроса.

годо́граф /hodograph // *Hodograph* m : кривая, представляющая собой множество (т. е. *геометрическое место*) концов переменного (изменяющегося со временем) *вектора*, который для разных моментов времени проведен из общего начала. Это понятие было введено английским ученым У.Гамильтоном. Годограф дает наглядное геометрическое представление о том, как изменяется со временем величина, изображаемая переменным вектором. Например, в случае движения планеты или спутника, происходящего под действием центральной силы тяготения и потому подчиняющегося законам *Кеплера*, годограф вектора скорости представляет собой окружность.

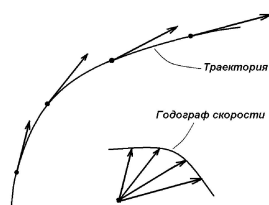


Рис. 31: Годограф скорости

голограф́ия / holography // *Holographie* f : способ записи и восстановления волнового поля (в частности, световых волн), основанный на регистрации интерференционной картины (см. *интерференция*), образуемой волной, отраженной от предмета при освещении источником когерентного (см. *когерентность*) света (предметной волной) и когерентной с ней волной, идущей непосредственно от источника света (опорной волной). Зарегистрированная интерференционная картина называется голограммой. Если голограмму осветить волной, идентичной опорной волне (использовавшейся при регистрации), то в одной из дифрагировавших волн (см. *дифракция*) будет наблюдаться такое же амплитудно-фазовое пространственное распределение волнового

поля, которое создавала предметная волна при записи голограммы. Таким образом, голограмма преобразует восстанавливающую опорную волну в копию предметной волны. В частности, при наблюдении восстановленной световой волны у наблюдателя возникает полная иллюзия существования трехмерного (объемного) объекта, неотличимого от оригинала, причем этот объект можно рассматривать с разных направлений в пределах телесного угла, охватываемого голограммой.

голоморфный / holomorphic // holomorph: функция $f(z)$ комплексной переменной z называется голоморфной (или *регулярной*) в окрестности точки a , если она может быть разложена в *ряд Тейлора* в этой окрестности. Голоморфная функция бесконечно дифференцируема.

голономная связь / holonomic constraint // holonome Restriktion: голономная связь: в *механике* — ограничение, наложенное на положения (или на перемещения за время движения) точек и тел системы, но не на их *скорости*. Примером системы с голономными связями может служить двойной маятник, в котором связи имеют геометрический характер: нити налагают ограничения только на положения и перемещения грузов, но не на их скорости, которые при движении могут принимать любые значения. Связи, налагающие ограничения на скорости точек и тел системы, т.е. устанавливающие определенные соотношения между скоростями, называются кинематическими. Если эти соотношения можно свести к геометрическим, т.е. к соотношениям между перемещениями точек и тел системы, то такая связь также является голономной. Пример такой связи дает качение без проскальзывания цилиндра по плоскости.

гомеоморфизм / homeomorphism // Homöomorphismus m , Homöomorphie f : пусть X и Y — *топологические пространства*, и f — отображение пространства X в пространство Y . Отображение f называется гомеоморфным отображением, или гомеоморфизмом, если оно *взаимно однозначно* и *взаимно непрерывно*, т.е. отображение f и обратное отображение f^{-1} оба непрерывны; при этом пространства X и Y называют гомеоморфными (друг другу). Примеры: 1) функция $y = 1/(e^x + 1)$ задаёт гомеоморфизм числовой прямой $x \in (-\infty, +\infty)$ и промежутка $y \in (0, 1)$; 2) всякий круг гомеоморфен любому *выпуклому многоугольнику*; 3) *сфера* и *тор* не гомеоморфны.

гомогённый / homogeneous // homogen: однородный.

гомология / homology // Homologie f : теория гомологий *топологического пространства* — часть *алгебраической топологии*, осуществляющая связь между топологическими и алгебраическими понятиями. Каждому топологическому пространству ставится в соответствие определённая последовательность *групп*, а непрерывному отображению пространств — *гомоморфизмы* соответствующих групп, и по свойствам групп и их гомоморфизмов устанавливаются свойства

пространств и отображений. Сингулярная теория гомологий строится исходя из отображений *полиэдров* в данные пространства; спектральная теория — из отображений любых пространств в полиэдры.

гомоморфизм / homomorphism // Homomorphismus m : в алгебре — отображение *алгебраических систем*, сохраняющее *алгебраическую структуру*. В частности, гомоморфизм *групп* определяется следующим образом. Пусть G и $\hat{G}$ — группы с операциями $*$ и $\circ$, соответственно. *Отображение* $f: G \rightarrow \hat{G}$ называется гомоморфизмом, если для любых $a, b \in G$ имеет место $f(a * b) = f(a) \circ f(b)$; при этом группы G и $\hat{G}$ называются гомоморфными (homomorphic // homomorph). Пример: группа вращений на плоскости вокруг фиксированной точки гомоморфна группе *ортогональных матриц* 2-го порядка. Если гомоморфизм f — *взаимно однозначное* отображение группы G на всю группу $\hat{G}$, то f называется изоморфизмом.

гомоте́тия / homothety, homothetic transformation // perspektive Ähnlichkeit, Homothetie f : в геометрии: преобразование *евклидова пространства* относительно некоторой точки O , ставящее в соответствие каждой точке A точку A' , лежащую на прямой OA , по правилу: $|OA'| = |k| |OA|$, где k — постоянное число ($k \in \mathbf{R}$, $k \neq 0$), причём при $k > 0$ точки A и A' лежат на одном луче, при $k < 0$ — по разные стороны от O . Точка O называется центром гомотетии, число k — коэффициентом гомотетии. При гомотетии прямые линии преобразуются в прямые линии, плоскости — в плоскости, сферы — в сферы, углы между прямыми сохраняются. Гомотетия есть частный случай *подобия*.

гомото́пия / homotopy // Homotopie f : пусть даны *топологические пространства* X и Y и два непрерывных отображения $f, g: X \rightarrow Y$. Отображения f и g называются гомотопными (обозначение: $f \sim g$), если существует такое семейство непрерывных отображений $f_t: X \rightarrow Y$, непрерывно зависящих от параметра $t \in [0, 1]$, что $f_0 = f$, $f_1 = g$. Это семейство (называемое гомотопией, связывающей f и g) является *путём* в пространстве $F(X, Y)$ всех непрерывных отображений $X \rightarrow Y$; путь этот связывает f и g «непрерывной деформацией». Пример: $X = Y = \mathbf{R}$, $f(x) = \sin x$, $g(x) = \cos x$, $f_t(x) = (1 - t)f(x) + t \cdot g(x)$.

горе́ние / combustion, burning [сгорание] // Brennen n , Verbrennen n [сгорание]: сложная химическая реакция, протекающая в условиях прогрессивного самоускорения, вызванного разогревом системы (тепловое самоускорение) или накоплением катализирующих продуктов реакции (цепное самоускорение).

горизонта́льно / horizontally // horizontal: параллельно плоскости, касательной к поверхности Земли.

госуда́рственный / state // staatlich, Staats=, Reichs=: принадлежащий государству или государством осуществляемый.

готический шрифт / (German) Fraktur, German letters // Fraktur *f*: особый сложный шрифт, употреблявшийся в немецких текстах до середины 20-го века. Иногда используется в математических работах для обозначения некоторых величин, например, $\Re$ и $\Im$ для действительной и мнимой частей *комплексного числа*.

гравитационный ко́ллапс / gravitational collapse // Gravitationskollaps *m*: процесс сжатия массивного небесного тела (*звезды*) под действием собственных сил *тяготения*. Необходимое условие гравитационного коллапса — понижение упругости вещества внутри звезды, приводящее при сжатии к более быстрому увеличению сил тяготения по сравнению с силами внутреннего давления. Это возможно либо при образовании звезды из межзвездной пыли и газа, либо при исчерпании внутри звезды термоядерного горючего. В первом случае коллапс останавливается после начала в звезде *термоядерных реакций* водородного цикла, ведущих к интенсивному выделению энергии. Второй случай возможен только у достаточно массивных звезд (больше массы Солнца) и заканчивается остановкой в состоянии горячей нейтронной звезды с плотностью порядка 10^{14} г/см³ либо (если масса звезды в 2–3 раза больше массы Солнца) релятивистским гравитационным коллапсом, приводящим к образованию *черной дыры*.

гравита́ция, всемирное *тяготение* / gravitation, gravity // Gravitation *f*: универсальное свойство притяжения между любыми телами (любыми видами материи).

градиéнт / gradient // Gradient *m*: в математике: градиент скалярной функции $\phi(x, y, z)$ — вектор, имеющий в *декартовых координатах* вид $\text{grad } \phi = \vec{i} \frac{\partial \phi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \phi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \phi}{\partial z}$. Градиент перпендикулярен ко всякой поверхности уровня функции, т.е. к поверхности вида $\phi(x, y, z) = C$, где C — постоянная, и направлен в сторону наискорейшего возрастания значений функции.

В физике слово «градиент» употребляется также для указания на монотонную в каком-нибудь направлении неоднородность вещества, например, градиент *концентрации раствора* — рост концентрации в определённом направлении.

градуирóвка / calibration, graduation // Eichung *f*, Gradeinteilung *f*: нанесение делений на шкале какого-либо прибора, калибровка.

гра́дус / degree // Grad *m*: 1) единица измерения *температуры*; 2) угловой градус — единица измерения плоских углов, равная 1/90 части *прямого угла*. В угловых градусах измеряют также дуги окружности (в полной окружности содержится 360°).

Гра́ма ма́трица, см. *матрица Грама*.

грамм / gram // Gramm *n*: единица *массы* в системе СГС, 1/1000 часть *килограмма*, см. *система СИ*; 1 килограмм — масса иридиево-

платинового эталона, хранящегося в Международном бюро мер и весов.

граммáтика / grammar // Grammatik *f*: 1) Наука о строении естественных языков, является собранием правил о формах слов (морфология) и сочетания слов в предложении (синтаксис). 2) В математической лингвистике: формальная грамматика — общее название нескольких типов исчислений, используемых для описания строения естественных и искусственных языков (в частности, языков *программирования*). Исчислением (или дедуктивной системой) называется способ задания множества путём указания его исходных элементов (аксиом исчисления) и правил вывода, которые описывают, как строить новые элементы из исходных и уже построенных.

граница / boundary // Grenze *f*, Rand *m*: граница множества M точек *топологического пространства* X , по определению, состоит из всех граничных точек множества. Точка P называется граничной точкой множества M , если любая её окрестность содержит как точки множества M , так и точки из дополнительного множества $X \setminus M$. Граница множества M обозначается обычно ∂M . Граница конечного интервала (a, b) на действительной оси состоит из точек a и b , граница круга $x^2 + y^2 < r^2$ на плоскости (x, y) — окружность $x^2 + y^2 = r^2$.

границная зада́ча / boundary value problem // Randwertproblem *n*: то же, что *краевая задача*.

границное усло́бие: то же, что *краевое условие*.

границный / boundary // Grenz=: относящийся к границе; находящийся на границе.

грань / face, side // Fläche *f*: в геометрии — плоская фигура, одна из частей *многогранной поверхности*; в анализе: см. *верхняя грань* и *нижняя грань*.

граф / graph, network // Graph *m*: диаграмма, состоящая из конечного или бесконечного множества точек («вершин») и линий («дуг» и «рёбер»).

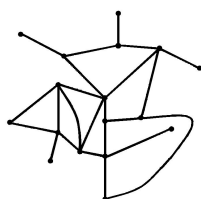


Рис. 32: Граф

Ребром графа называется неориентированная линия, соединяющая пару вершин, дугой — ориентированная линия. Ребро (дуга) и любая из его двух вершин называются инцидентными. Граф называется связным,

если любая пара его вершин соединяется некоторой ломаной, все звенья которой — рёбра или дуги графа. Граф, состоящий из вершин и рёбер, называется неориентированным, а состоящий из вершин и дуг — ориентированным. Подграф — граф, состоящий из некоторых вершин основного графа и из соединяющих их рёбер или дуг. Любой граф можно представить в трёхмерном пространстве таким образом, что никакие его рёбра или дуги не имеют пересечений вне вершин. Простая замкнутая ломаная, звенья которой — рёбра (дуги) графа, называется циклом или контуром. Связный неориентированный граф без циклов называется деревом. Понятие графа широко используется при создании и описании различных математических моделей в теоретической физике, химии, экономике, биологии, технике. Разнообразные виды графов и их свойства изучает теория графов; в современной теории применяется значительно более общее понятие графа.

гра́фик / graph, diagram, plot // Graph *m*, Graph einer Abbildung: график функции $f(x)$ с областью определения D — множество точек (x, y) , где x пробегает D , $y = f(x)$. В случае *непрерывных* функций график функции одной переменной — непрерывная кривая на плоскости, график функции двух переменных — непрерывная поверхность в трёхмерном пространстве. Множество точек на плоскости (в пространстве), координаты которых удовлетворяют уравнению $f(x, y) = 0$ (соответственно, уравнению $f(x, y, z) = 0$), называют графиком уравнения.

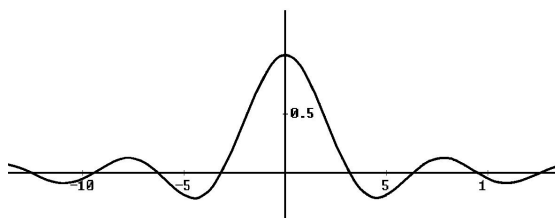


Рис. 33: График функции $\frac{\sin x}{x}$

графит / graphite // Graphit *m*: природный и синтетический кристалл *углерода*, устойчивый при нормальных условиях. Применяется в ракетной технике, в электротехнике и химической промышленности, а также в качестве замедлителя нейтронов в *ядерных реакторах*. Другая кристаллическая модификация углерода — *алмаз*.

грéческий алфавит / Greek alphabet // griechisches Alphabet: набор греческих заглавных и строчных букв: А, α (альфа), В, β (бэта), Г, γ (гамма), Δ, δ (дельта), Е, ε (эпсилон), Ζ, ζ (дзэта), Η, η (эта), Θ, θ (тэта), Ι, ι (иота), Κ, κ (каппа), Λ, λ (лямбда), Μ, μ (мю), Ν, ν (ню), Ξ, ξ (кси), Ο, ο (омикрон), Π, π (пи), Ρ, ρ (ро), Σ, σ (сигма), Τ, τ (тау),

Y, ν (ипсilon), Φ, ϕ (фи), X, χ (хи), Ψ, ψ (пси), Ω, ω (омега).

Гринвич (Greenwich LB): город в Англии близ Лондона, известный своей обсерваторией (1675–1948). По международному соглашению, нулевой меридиан проходит через Гринвичскую обсерваторию. С 1925 года астрономическое мировое время установлено по Гринвичской *часовой зоне*. Гринвичское время принято также в качестве западноевропейского времени; средневропейское время отличается от гринвичского на один час, московское время — на три часа.

гру́бый / rough // grob; rau(h): приблизительный, неточный; негладкий, шероховатый.

грунт / ground, soil, bottom // Boden *m*, Grund *m*, Erde *f*: земля, почва, суша; основание, дно.

гру́ппа 1 / group // Gruppe *f*: в математике — конечное или бесконечное *множество* G , в котором задана одна операция $*$, сопоставляющая всяким двум элементам $a \in G$, $b \in G$ третий элемент $a*b \in G$ и удовлетворяющая аксиомам: 1) $a*(b*c) = (a*b)*c$ для любых $a, b, c \in G$ (ассоциативность операции); 2) существует ровно один единичный, или нейтральный, элемент e , т.е. такой элемент, что $a*e = e*a = a$ для любого $a \in G$; 3) всякий элемент $a \in G$ имеет ровно один обратный элемент a^{-1} , т.е. $a*a^{-1} = a^{-1}*a = e$.

Операцию $*$ обычно называют умножением и знак $*$ не пишут. Группа называется коммутативной, или абелевой, если групповая операция коммутативна: $ab = ba$. Группа, состоящая из конечного числа n элементов, называется конечной группой порядка n . Произведение элемента a самого на себя: $aa...a$ (k сомножителей) обозначается a^k и называется k -й степенью элемента a . Если элемент x таков, что $x^n = e$ для некоторого целого $n > 0$, то x называют элементом конечного порядка, причём порядок равен наименьшему целому $m > 0$, при котором $x^m = e$.

Примеры групп: 1) множество отличных от нуля *рациональных чисел*, при этом операция $*$ — умножение чисел, нейтральный элемент e — число 1, обратный элемент для числа a — число $1/a$; 2) множество *действительных чисел*, при этом $*$ — сложение чисел, e — число 0, обратный элемент для числа x — число $(-x)$; 3) множество квадратных $n \times n$ *матриц* с отличным от нуля *определителем*, при этом $*$ — умножение матриц, e — *единичная матрица*, обратный элемент для матрицы A — матрица A^{-1} (обратная матрица); 4) множество *подстановок* из n элементов, при этом $*$ — произведение подстановок, e — тождественная подстановка, обратный элемент — обратная подстановка; 5) множество вращений пространства вокруг неподвижной точки, при этом $*$ — последовательное выполнение двух вращений, e — вращение на нулевой угол, т.е. отсутствие движения.

Группы широко применяются в современной математике и физике, в частности, в теории относительности и в квантовой механике. См. также *циклическая группа, подгруппа, смежный класс, нормальный делитель, факторгруппа, представление группы, характер представления, гомоморфизм, полугруппа, группа Ли*.

группа 2 / cluster // Gruppe *f*: *кластер* — скопление, группировка точек или каких-либо физических или геометрических объектов (клеток, ячеек, мелких фигур) соответствующего множества.

группа Ли / Lie group // Liesche Gruppe, Lie-Gruppe *f*: *множество* G , наделённое согласованными структурами *группы* и *аналитического многообразия*. Это означает, что: 1) G — группа; 2) отображение $(x, y) \rightarrow xy^{-1}$ прямого произведения $G \times G$ в G аналитично. Группа Ли является *топологической группой*, у которой окрестность каждой точки локально евклидова. Примеры: евклидово пространство векторов с операцией сложения векторов — *абелева группа Ли*; квадратные невырожденные *матрицы* заданного порядка с операцией умножения матриц — *неабелева группа Ли*.

групповая скорость / group velocity // Gruppengeschwindigkeit *f*: скорость перемещения *огигающей* группы или *цуга волн*, образующих в каждый момент времени локализованный в пространстве *волновой пакет*. Если среда не обладает *дисперсией*, т.е. все гармонические волны, входящие в состав пакета, распространяются с одной и той же фазовой скоростью, то скорость пакета совпадает с фазовой скоростью его гармонических компонент. При наличии дисперсии волны различных частот распространяются с разными фазовыми скоростями, что приводит к искажению формы *огигающей* пакета в процессе его распространения. Однако для достаточно протяженных волновых пакетов, характеризуемых сравнительно узким спектром, фазовые скорости входящих в его состав гармонических волн мало отличаются одна от другой. В этом случае на не слишком больших расстояниях распространения пакета форма его *огигающей* приближенно сохраняется, но ее перемещение происходит с так называемой *групповой скоростью*, отличающейся от фазовых скоростей гармонических составляющих пакета. Все методы измерения скоростей волн, связанные с запаздыванием сигналов, дают именно групповую скорость.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Д

давлéние / pressure // Druck *m*: скалярная величина, равная отношению модуля F_n нормальной составляющей $\vec{F}_n$ силы $\vec{F}$, действующей на элемент поверхности тела, к площади S этого элемента: $p = F_n/S$. Давление газа или жидкости — давление, оказываемое газом (соответственно, жидкостью) на поверхность внесённого тела или на стенки содержащего газ (жидкость) сосуда. В любой точке покоящегося газа (жидкости) давление не зависит от ориентации площадки, т.е. не зависит от направления.

давлéние свéта / light pressure // Lichtdruck *m*: электромагнитные волны, и в частности свет, оказывают давление при падении на препятствие (на отражающие и поглощающие тела, а также на отдельные молекулы и атомы). Величина этого давления чрезвычайно мала, но в некоторых явлениях играет заметную роль (например, отклонение хвостов комет в направлении от Солнца).

Даламбёр (Jean Le Rond d'Alembert, 1717–1783): французский философ, математик и физик, совместно с Д.Дидро (Denis Diderot) основатель и редактор «Энциклопедии» — фундаментального 28-томного издания, содержавшего все накопленные к тому времени знания в области науки, искусства и ремёсел. Среди наиболее известных результатов Даламбера — в механике «принцип Даламбера», в математике — *признак Даламбера* сходимости рядов и *формула Даламбера* для решения уравнения колебаний струны.

далёкий / remote, distant // fern, weit, entfernt: удалённый на значительное расстояние или на большой промежуток времени.

дальнодéйствиe / action at a distance, long-range interaction // Fernwirkung *f*: воздействие на расстоянии тел или частиц друг на друга, приводящее к изменению их состояния. Концепция дальнего действия основана на предположении о возможности *взаимодействия* между телами непосредственно через пустое пространство, которое не принимает участия в передаче взаимодействия. После открытия *электромагнитного поля* концепция дальнего действия была отвергнута как не соответствующая действительности и заменена концепцией *близкого действия*, согласно которой любое взаимодействие осуществляется посредством тех или иных полей, непрерывно распределённых в пространстве.

дáнные / data, information // Daten *pl*, Angaben *f*, Zahlenangaben *f*: числовые или иные носители информации, см. также *входные данные* и *выходные данные*.

дáнный / given, present, current // gegeben, betreffend: в научных текстах — текущий, рассматриваемый, именно тот, о котором сейчас идет речь.

дáта / date // Datum *n*: число, месяц и год.

двадцатигра́нник, икосаэдр / icosahedron // Ikosaeder *n*: *правильный многогранник*, грани которого — 20 правильных треугольников.

два / two // zwei: число 2.

два́жды / twice // zweimal: два раза.

двенадцатигра́нник: см. *додэкаэдр*.

движе́ние / motion, movement // Bewegung *f*, Bewegen *n*: в физике — процесс *перемещения* тел. В геометрии — преобразование *евклидова пространства*, сохраняющее расстояние между точками; если при этом сохраняется также *ориентация* пространства, то движение называется собственным (в противном случае — несобственным). Собственные движения подразделяются на *параллельный перенос* и *вращение*, к несобственным движениям относится *отражение*.

двои́чная систе́ма счисле́ния / binary [or: dyadic] number system // Binärsystem *n*, Dualsystem *n*, dyadisches Zahlensystem: *система счисления* с основанием 2. Применяется в *информатике*.

двои́чно-коди́рованный / binary-coded // binärkodiert: закодированный с помощью *двоичной системы* чисел.

дво́йка 1 / two, pair // Zwei *f*, Paar *n*: пара, два предмета, взятые вместе.

дво́йка 2 / deuce // Zwei *f*: два очка (при бросании игральной кости, в карточной игре).

двои́ное ве́кторное произведе́ние / double vector product // doppeltes Vektorprodukt: выражение вида $\vec{a} \times [\vec{b} \times \vec{c}]$, см. также *векторное произведение*. Имеет место формула $\vec{a} \times [\vec{b} \times \vec{c}] = \vec{b}(\vec{a}, \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a}, \vec{b})$.

двои́ное лучепреломле́ние / birefringence // Doppelbrechung *f*: раздвоение световых *лучей* при прохождении через анизотропную среду (например, *кристалл*), вызванное зависимостью скорости распространения световой волны от направления электрического вектора (*напряженности* электрического поля) световой волны в среде. Падающая на анизотропную среду волна разделяется на две волны со взаимно перпендикулярными направлениями *поляризации*. В одноосном кристалле скорость одной из этих волн не зависит от направления распространения (обыкновенная волна); скорость второй (необыкновенной) волны зависит от ее направления. Двойное лучепреломление может наблюдаться в среде с искусственно созданной анизотропией, например, при механической деформации или при наложении внешнего поля.

двои́ной интегра́л / double integral // Doppelintegral *n*, Flächenintegral *n*: определение д.и. аналогично определению однократного *интеграла Римана*. Пусть Ω — область на плоскости Oxy и $f(x, y)$ — заданная в Ω функция. Разобьем Ω на n частичных областей Ω_k , в каждой частичной

области произвольно выберем точку $P_k(\xi_k, \eta_k)$, обозначим площадь частичной области через $\Delta\sigma_k$ и составим интегральную сумму Римана $S_n = \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k) \Delta\sigma_k$.

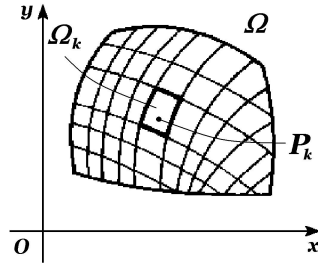


Рис. 34: К определению двойного интеграла

Пусть теперь число n частичных областей неограниченно возрастает, причем наибольший диаметр частичных областей стремится к нулю. (Диаметр области — наибольшее расстояние между любыми двумя точками области). Если последовательность интегральных сумм $\{S_n\}$ имеет конечный предел при $n \rightarrow \infty$, не зависящий от способа разбиения области и от выбора точек в частичных областях, то этот предел называется двойным интегралом (в смысле Римана) от функции f по области Ω :

$$\iint_{\Omega} f(x, y) dx dy = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k) \Delta\sigma_k;$$

выражение $dx dy$ записывают также в виде $d\sigma$. Достаточное условие существования д.и.: $f(x, y)$ — непрерывная функция в области Ω с кусочно-гладкой границей. Геометрический смысл д.и.: если $f(x, y) \geq 0$, то д.и. равен объёму «цилиндроида» — тела, ограниченного плоскостью Oxy , поверхностью $z = f(x, y)$ и цилиндрической поверхностью с образующими, параллельными оси z и проходящими через границу области Ω .

Вычисляется д.и. сведением к повторному интегралу: если область Ω ограничена линиями $x = a$, $x = b$, $y = y_1(x)$ и $y = y_2(x)$, причем для точек области справедливы неравенства $a \leq x \leq b$, $y_1(x) \leq y \leq y_2(x)$, то д.и. равен повторному интегралу:

$$\iint_{\Omega} f(x, y) dx dy = \int_a^b dx \int_{y_1(x)}^{y_2(x)} f(x, y) dy.$$

Аналогичным образом д.и. сводится к повторному интегралу вида

$$\int_c^d dy \int_{x_1(y)}^{x_2(y)} f(x, y) dx.$$

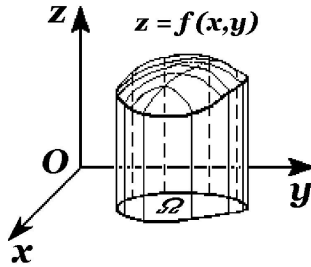


Рис. 35: Цилиндроид

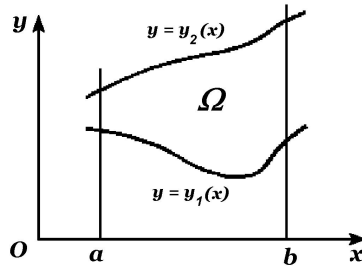


Рис. 36: Связь двойного интеграла и повторного

Замена переменных в д.и.: пусть система функций $\xi(x, y)$, $\eta(x, y)$ задаёт взаимно однозначное отображение области Ω плоскости (x, y) на область Ω' плоскости (ξ, η) , причем *якобиан* отображения отличен от нуля:

$$G = \frac{\partial(\xi, \eta)}{\partial(x, y)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial x} & \frac{\partial \xi}{\partial y} \\ \frac{\partial \eta}{\partial x} & \frac{\partial \eta}{\partial y} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Тогда интеграл по области Ω сводится к интегралу по области Ω' :

$$\iint_{\Omega} f(x, y) dx dy = \iint_{\Omega'} f(x(\xi, \eta), y(\xi, \eta)) |J| d\xi d\eta,$$

где $J = G^{-1} = \frac{\partial(x, y)}{\partial(\xi, \eta)}$ — якобиан отображения области Ω' на область Ω . Важный частный случай: *полярные координаты* ρ, ϕ , где $x = \rho \cos \phi$, $y = \rho \sin \phi$; здесь $|J| = \rho$.

двойной факториал / double factorial // doppelte Fakultät: произведение *натуральных чисел*, взятых через одно: $(2n+1)!! = 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-1) \cdot (2n+1)$, $(2n)!! = 2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot \dots \cdot (2n-2) \cdot (2n)$.

двóйственность / duality // Dualität f : математическое понятие, означающее взаимную связь двух объектов, составляющих пару, причем

один из объектов пары принадлежит одному классу, а другой — другому классу. См. *двойственный*.

дво́йственный / dual, reciprocal // dual, Dual=: взаимный; сопряжённый, дуальный. Примеры: *комплексное число* и его сопряжённое число; *квадратная матрица* и её *эрмитово-сопряжённая матрица*; оператор в *гильбертовом пространстве* и его *сопряжённый оператор*; *векторное пространство* и соответствующее *сопряжённое пространство*.

дво́йственный ба́зис, дуальный базис / dual basis // duale Basis: пусть $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$ — базис в линейном пространстве X , $f(\vec{x}, \vec{y})$ — билинейная форма, и $\vec{g}_1, \dots, \vec{g}_n$ — такой базис в X , что $f(\vec{e}_k, \vec{g}_k) = 1$, $f(\vec{e}_i, \vec{g}_k) = 0$ при $i \neq k$, тогда $\vec{g}_1, \dots, \vec{g}_n$ называют двойственным базисом к базису $\{\vec{e}_k\}$. Пример: пусть $\vec{x} = (a, b)$, $\vec{y} = (c, d)$, $f(\vec{x}, \vec{y}) = ac + bd$, $\vec{e}_1 = (1, 0)$, $\vec{e}_2 = (0, 1)$, тогда двойственный базис: $\vec{g}_1 = (1, -1)$, $\vec{g}_2 = (0, 1)$.

дво́яково́гнутая ли́нза / biconcave lens // Bikonkavlinse f : линза, вогнутая с обеих сторон. *Оптическая сила* двояковогнутой линзы отрицательна.

дво́яковы́пуклая ли́нза / biconvex lens // Bikonvexlinse f : линза, выпуклая с обеих сторон. *Оптическая сила* двояковыпуклой линзы положительна.

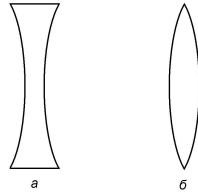


Рис. 37: Линзы: а - двояковогнутая, б - двояковыпуклая

двугра́нный у́гол / dihedral angle, dihedron // Kante f , Dieder n , Diederecke f , Zweiflach n : фигура в пространстве, образованная двумя *полуплоскостями*, общая граница которых — прямая линия, называемая ребром двугранного угла. Двугранный угол измеряется плоским углом, который получается при пересечении двугранного угла плоскостью, перпендикулярной к ребру.

двузна́чная фу́нкция / double-valued function // zweideutige Funktion, zweiwertige Funktion: двузначная *аналитическая функция* — результат *аналитического продолжения* исходного элемента на двулистную *риманову поверхность*. Пример: функция $w(z) = \sqrt{z}$ может быть определена на римановой поверхности, склеенной из двух экземпляров плоскости z , разрезанной по лучу $y = 0$, $-\infty < x \leq 0$. Тогда на одном листе $w(1) = 1$, а на другом листе $w(1) = -1$.

двукра́тный 1 / repeated, reiterated // zweimalig, wiederholt: двукратное

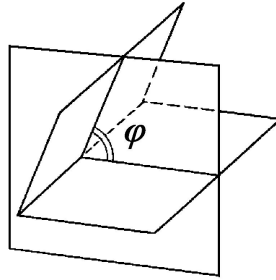


Рис. 38: Плоский угол двугранного угла

применение операции — последовательное её применение два раза.

двукратный 2 / double // doppelt: двукратный, или двойной, *корень уравнения* $f(x) = 0$ — такое число x , что $f(x) = 0$, $f'(x) = 0$, $f''(x) \neq 0$.

двули́стный / two-sheeted // zweiblättrig: *риманова поверхность*, состоящая из двух листов, называется двулистной. Аналитическая функция, отображающая свою область определения D на двулистную риманову поверхность, называется двулистной, например, функция $w = z^2$. Для двулистной функции $f(z)$ уравнение $f(z) = a$ хотя бы для некоторых значений a имеет два решения. См. также *многолистная функция*.

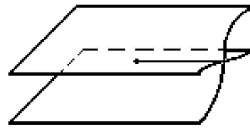


Рис. 39: Двулистная поверхность

двумéрный / two-dimensional // zweidimensional: двумерное *евклидово пространство* геометрически изображается в виде плоскости. В трёхмерном евклидовом пространстве любая плоскость — двумерное *многообразие*; плоскость, проходящая через начало координат, — двумерное *подпространство*. В n -мерном евклидовом пространстве *подпространство*, натянутое на любые два *линейно независимые* вектора, является двумерным.

двупараметрическое семейство / two-parameter family // zweiparametrische Schar: *семейство*, зависящее от двух *параметров*. Например, на плоскости Oxy семейство парабол $y = ax^2 + b$ зависит от двух параметров, a и b .

двупóлостный гипербо́лоид / two-sheet hyperboloid, hyperboloid of two sheets // zweischaliges Hyperboloid: см. *гиперболоид*.

двусв́язная о́бласть / doubly-connected domain // zweifach zusammenhängendes Gebiet: двусвязная область на плоскости — область, граница

которой состоит из двух компонент. Примеры: кольцо $1 < x^2 + y^2 < 2$, круг с выколотым центром $0 < x^2 + y^2 < R^2$, внутренность эллипса с разрезом между фокусами.

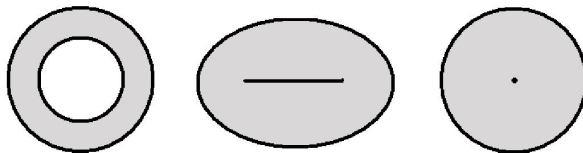


Рис. 40: Двусвязные области

двусторонняя поверхность / two-sided surface // zweiseitige Fläche: поверхность, «склеенная» из двух геометрически одинаковых сторон (слоёв). Всякая гладкая невырожденная поверхность в пространстве является локально двусторонней: одну сторону задаёт вектор *нормали* $\vec{n}$, обход вокруг которого соответствует *правилу буравчика*, другую сторону задаёт противоположный вектор $-\vec{n}$. Глобально, т.е. в целом, поверхность может быть двусторонней (как сфера или боковая поверхность цилиндра) или односторонней (как *лист Мёбиуса*). См. также *ориентация*.

двуугольник, луночка / lune, biangle // Zweieck n , Mond m : фигура, образованная двумя гладкими кривыми, пересекающимися друг друга в двух точках («вершинах») под углами, отличными от 0° и 180° . Например, на плоскости Oxy часть круга $x^2 + y^2 < 4$, находящаяся вне круга $(x - 2)^2 + y^2 \geq 4$ — двуугольник с вершинами $(1, \pm\sqrt{3})$.

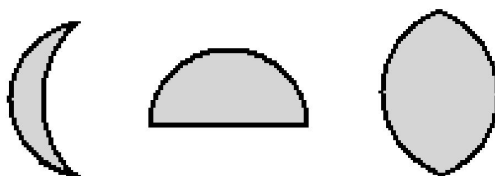


Рис. 41: Двуугольники

двучлén / binomial // Binom n : то же, что *бином*.

Деба́й (Peter Debye, 1884–1966): голландский физик и химик, Нобелевский лауреат (1936). Дебай внес значительный вклад в молекулярную и квантовую физику.

деба́евский ра́диус экранирования / Debye radius // Debyescher Radius: характерное расстояние, на которое распространяется действие *электрического поля* отдельного *заряда* в нейтральной среде, состоящей из положительно и отрицательно заряженных частиц (*плазма, электролиты*).

Вне сферы дебаевского радиуса электрическое поле заряда экранируется в результате *поляризации* окружающей среды. Понятие ввёл П. Дебай в связи с изучением явлений *электролиза*.

де-бройлевская длина волны / de Broglie wavelength // de-Broglie-Wellenlänge f : в 1924 г. французский физик Луи де Бройль (Louis-Victor de Broglie, 1892–1987) высказал гипотезу о том, что *корпускулярно-волновой дуализм* присущ не только *фотонам*, но и всем частицам — *электронам*, *протонам*, *атомам* и т.д. Это означает, что все частицы, как и частицы света (фотоны), обладают наряду с корпускулярными свойствами также и свойствами *волны*. Если частица имеет энергию E и импульс p , то с ней связана волна, частота которой $\nu = E/h$ и длина которой $\lambda = h/p$ (h — *постоянная Планка*). Эти волны и называют волнами де Бройля.

де́вять / nine // neun: число 9.

дедекіндово сече́ние / Dedekind section // Dedekindscher Schnitt: введённое Р. Дедекиндом (Richard Dedekind, 1831–1916) разбиение множества R *действительных чисел* (или одних только *рациональных чисел*) на два такие непустые множества A и B , в сумме дающие R , что для каждого $a \in A$ и каждого $b \in B$ выполняется неравенство $a < b$. Дедекиндово сечение обозначается $A|B$. Множество A называется нижним классом, множество B — верхним классом сечения $A|B$. Теорема Дедекинда: Для всякого сечения $A|B$ множества действительных чисел существует действительное число α , являющееся либо наибольшим в классе A , либо наименьшим в классе B . Это утверждение выражает свойство непрерывности числовой прямой. Число α является *верхней гранью* множества A и *нижней гранью* множества B .

де́йствие 1 / operation, effect, influence, action // Wirkung f , Einfluss m , Einwirkung f : процесс или результат воздействия одного объекта на другой. В алгебре — то же, что *операция*.

де́йствие 2 / action // Wirkung f : в *классической механике* и *вариационном исчислении*: функционал $S[\vec{x}(t), \vec{x}'(t)]$, стационарное (в частности, экстремальное) значение которого определяет реальное, или действительное, движение $\vec{x} = \vec{x}(t)$ механической системы. Принцип стационарного действия Гамильтона–Остроградского: в реальном движении системы под влиянием потенциальных сил действие $S = \int_{t_0}^{t_1} (T - U) dt$ имеет стационарное значение по сравнению с близкими кинематически-возможными движениями, для которых начальное и конечное положения системы и время движения одинаковы с реальными. Здесь T — кинетическая, U — потенциальная энергия системы; разность $L = T - U$ называется функцией Лагранжа системы. В некоторых случаях стационарное значение действия является его наименьшим значением, поэтому часто принцип Гамильтона–Остроградского называют принципом

наименьшего действия.

действительная величина́, вещественная величина / real value // reelle Variable: в математике — величина, переменная, значения которой — *действительные числа*.

действительная ось, вещественная ось / real axis, axis of reals // reelle Achse: прямая линия, всем точкам которой взаимно однозначно сопоставлены *действительные числа* следующим образом. Числу 0 соответствует произвольно фиксированная точка («начало отсчёта»); один из двух лучей, на которые эта точка делит прямую, называется положительной полуосью, и каждому числу $a > 0$ сопоставляется точка A на положительной полуоси, причем длина отрезка $|OA| = a$; каждому числу $b < 0$ сопоставляется точка B на другой («отрицательной») полуоси, причем $|OB| = -b$.

действительная часть, вещественная часть / real part // Realteil m : действительной частью *комплексного числа* $z = a + ib$ называется действительное число a . Обозначение: $a = \operatorname{Re} z$.

действительное число́: то же, что *вещественное число*.

действительный: см. *действительное число*.

действительнозначная фу́нкция, вещественнозначная функция / real-valued function // reellwertige Funktion: функция вещественного (= действительного) или комплексного аргумента называется вещественнозначной, или действительнозначной, если она принимает только вещественные значения, например, $|z|$, где z — *комплексное число*.

дейте́рий / deuterium, D // Deuterium n : тяжелый *изотоп* водорода, ядро которого содержит один протон и один нейтрон. Обозначается D или ^2H . Масса равна 2,01423 *атомной единицы массы*.

Дека́рт (Rene des Cartes, 1596–1650): французский математик, естествоиспытатель и философ. Основоположник *аналитической геометрии*.

дека́ртова систе́ма координа́т / Cartesian coordinate system // kartesisches Koordinatensystem: на плоскости (в пространстве) декартова система координат образована двумя (соответственно, тремя) *координатными осями*, имеющими общее начало. Оси обычно обозначают Ox , Oy , Oz , систему координат на плоскости — Oxy или xOy , в пространстве — $Oxyz$. Наиболее употребительна прямоугольная декартова система координат, в которой оси попарно перпендикулярны; обычно под декартовой системой координат понимают именно прямоугольную декартову систему, а непрямоугольные системы называют косоугольными. Названия осей: Ox — ось абсцисс, Oy — ось ординат, Oz — ось аппликата; соответствующие координаты точки — абсцисса, ордината и аппликата этой точки. Абсцисса x_M произвольной точки M находится следующим образом: из точки M опускается перпендикуляр MM' на ось абсцисс, и координата точки M' на оси абсцисс принимается за x_M . Аналогично находятся ордината и аппликата точки M .

Различают правую и левую декартовы системы координат. Оси Ox и Oy образуют на плоскости правую (левую) систему, если поворот от оси Ox к оси Oy по кратчайшему пути происходит против часовой стрелки (по часовой стрелке).

Оси Ox, Oy, Oz образуют в пространстве правую (левую) систему координат, если кратчайший поворот от оси Ox к оси Oy виден из какой-либо точки с координатами $x = 0, y = 0, z = a > 0$ как поворот против часовой стрелки (по часовой стрелке).

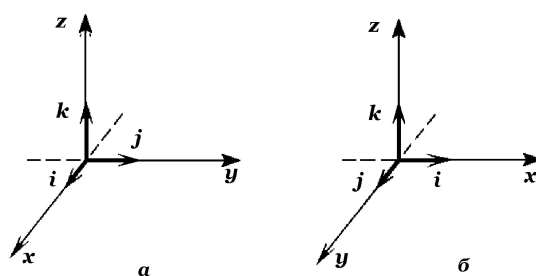


Рис. 42: Правая (а) и левая (б) системы координат

Орты осей правой системы координат в пространстве образуют *правую тройку*, орты левой системы — *левую тройку*. Правая и левая системы координат равноправны; на практике чаще пользуются правой системой.

декартов лист / Cartesian folium, folium of Descartes // Cartesisches Blatt, kartesisches Blatt, folium Cartesii: плоская кривая, уравнение которой в *декартовых координатах*: $x^3 + y^3 - 3axy = 0$. Кривая имеет петлеобразную форму; имеется наклонная *асимптота* $x + y + a = 0$. Параметрические уравнения: $x = \frac{3at}{1+t^3}$, $y = \frac{3at^2}{1+t^3}$. Точка *самопересечения*: $x = y = 0$ при $t = 0$ и при $t \rightarrow \infty$.

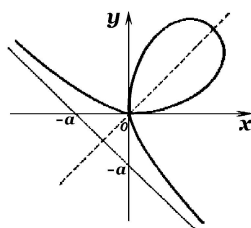


Рис. 43: Декартов лист

декартово произведение / Cartesian product // kartesisches Produkt: то же, что *прямое произведение*.

декартовы координаты / Cartesian coordinates // kartesische Koordinaten: координаты точек на плоскости или в пространстве относительно *декартовой системы координат*.

декодирование / decoding // Dekodierung f , Entzifferung f : операция, обратная *кодированию*.

декремент / decrement // Dekrement n : декремент затухания — количественная характеристика скорости затухания *колебаний*. Именно, пусть последовательные максимальные отклонения (в одну и ту же сторону) колеблющейся величины будут $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots$, тогда логарифм отношения последовательных отклонений называется (логарифмическим) декрементом затухания: $D = \ln(x_n/x_{n+1})$. При отсутствии затухания $D = 0$; при быстром затухании $D \gg 1$.

деление / division // Division f , Teilung f : в множестве чисел — операция, обратная *умножению*. Эта операция сопоставляет двум *действительным* или *комплексным* числам a и b ($b \neq 0$) число x такое, что $a = b \cdot x$. Обозначение операции: $a : b$ или a/b ; употребительна также запись в виде дроби, например, $7 : 5 = 7/5 = \frac{7}{5}$. Если $a = b \cdot c$, то $b = a : c$, $c = a : b$. В выражении $a : b$ число a — делимое, b — делитель, $a : b$ (результат операции) — частное от деления a на c .

деление атомного ядра / nuclear fission // Atomkernspaltung f : деление *атомного ядра* на несколько более легких ядер (осколков), чаще всего на два близких по массе ядра. Масса исходного тяжелого ядра больше суммы масс образующихся при делении осколков; разница в массах соответствует энергии, выделяющейся при делении. Утилизация кинетической энергии осколков деления за счет нагревания среды при осуществлении цепной *ядерной реакции* составляет основу использования ядерной энергии.

деление пополам / bisection, halving, division in half // Halbierung f : разделение (рассечение) какого-либо объекта на две равные части.

деление с остатком / division with remainder // Division mit Rest: а) Для *целых чисел* — операция, сопоставляющая целым числам a и $b \neq 0$ целые числа x и y такие, что $a = b \cdot x + y$, причём $0 \leq y < |b|$. Это равенство можно записать также в виде $\frac{a}{b} = x + \frac{y}{b}$. Число a называется делимым, b — делителем, x — (неполным) частным, y — остатком. Пример: $\frac{17}{5} = 3 + \frac{2}{5}$. Если $y = 0$, то говорят, что a делится на b нацело, или без остатка. б) Для *полиномов* — операция, сопоставляющая двум полиномам $P_m(x)$ и $Q_n(x)$ (где $m \geq n$) полиномы $p_{m-n}(x)$ и $r_{n-1}(x)$ такие, что $P_m(x) = p_{m-n}(x)Q_n(x) + r_{n-1}(x)$ (тождественно по x), тогда

$$\frac{P_m(x)}{Q_n(x)} = p_{m-n}(x) + \frac{r_{n-1}(x)}{Q_n(x)}.$$

Нижний значок в обозначении полинома означает степень полинома;

$P_m(x)$ называется делимым, $Q_n(x)$ — делителем, $p_{m-n}(x)$ — (неполным) частным, $r_{n-1}(x)$ — остатком. Если остаток равен нулю, то говорят, что $P_m(x)$ делится на $Q_n(x)$ нацело, или без остатка.

дели́мое / dividend // Dividend m : см. *деление*.

дели́мость / divisibility // Teilbarkeit f : свойство целого числа делиться нацело (без остатка) на другое целое число. *Признаки делимости* позволяют получать информацию о делимости, не производя самого деления.

де́литель / divisor // Teiler m , Divisor m : см. *деление*.

де́литель напряже́ния / voltage divider // Spannungsteiler m : *электрическая цепь* или специальный аппарат, осуществляющий деление рабочего *напряжения* постоянного или переменного тока на ряд заданных напряжений.

де́лить 1 / divide // teilen, dividieren: выполнять *деление* чисел или числовых величин. «Разделить a на b » / divide a by b // dividieren a durch b .

де́лить 2 / divide, split // teilen, einteilen: разделять, разреза́ть какой-либо предмет на части.

де́лить пополам / bisect // halbieren: разделять на две равные части; уменьшать вдвое.

де́льта-фу́нкция / delta function, Dirac δ function, Dirac distribution // Delta-Funktion von Dirac, Delta-Distribution f : *обобщённая функция* $\delta(x)$, позволяющая записать пространственную плотность физической величины (масса, заряд, интенсивность источника тепла, сила и т.п.), сосредоточенной или приложенной в точке пространства. Например, плотность точечной массы m , находящейся в точке a , записывается с помощью дельта-функции в виде $m\delta(x - a)$ или $m\delta_a$. Формально дельта-функция может быть определена её действием на любую *основную функцию* $\phi(x)$: $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x)\phi(x) dx = \phi(0)$. Здесь символ интеграла понимается в условном смысле (см. *обобщённые функции*). Функция $\delta(x)$ равна нулю на любом интервале, не содержащем точки $x = 0$. Имеют место формулы: $\delta(-x) = \delta(x)$, $x\delta(x) = 0$, $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-itx}\delta(x) dx = 1$. Дельта-функцию можно понимать также как предел последовательности обычных функций $\delta_n(x) \geq 0$, равных нулю вне промежутка $B_n = [-1/n, +1/n]$, причём $\int_{B_n} \delta_n(x) dx = 1$. Аналогично с помощью дельта-функции, зависящей от времени, можно записать выражение для импульсной физической величины, сосредоточенной в некоторый момент времени. Дельта-функцию ввёл в употребление в квантовой механике *Дирак*.

де́мон Ма́ксвелла / Maxwell demon // Maxwellscher Dämon: воображаемое устройство, с помощью которого можно было бы пропускать быстрые *молекулы* газа из одного сосуда в другой, задерживая при этом медленные молекулы, и наоборот, из второго сосуда пропускать в первый медленные молекулы, задерживая быстрые. Возможность осуществления такого устройства,

благодаря которому в замкнутой системе могло бы произойти самопроизвольное нарушение состояния теплового равновесия, противоречит *второму закону термодинамики*.

дерево / tree // Baum *m*, baumartiger Graph: в теории *графов* — связный неориентированный граф, не содержащий *циклов*. Любое дерево с n вершинами имеет $n - 1$ рёбер. Число различных деревьев, которые можно построить на n нумерованных вершинах, равно n^{n-2} .

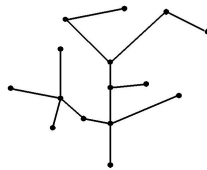


Рис. 44: Дерево

десятичная дробь / decimal fraction / dezimaler Bruch: *дробь*, знаменатель которой — натуральная степень числа 10, т.е. 10, 100, 1000 и т.д. Десятичные дроби записывают в виде m, n и называют m целой частью и n дробной частью. Например, дроби $\frac{314}{100}$ и $\frac{207}{10\,000}$ записываются соответственно в виде 3, 14 и 0, 0207. См. также *бесконечная десятичная дробь*.

Примечание: в Англии и США при записи десятичных дробей дробную часть отделяют от целой части точкой, например, 3.14 и 0.0207.

десятичная система счисления / decimal number system // Dezimalsystem *n*: *система счисления* с основанием 10.

десятичная цифра / decimal digit // dezimale Ziffer: одна из 10 цифр 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, употребляемых в *десятичной системе счисления*.

десятичный / decimal // Dezimal=: основанный на числе 10.

десятичный логарифм / common logarithm, Briggsian logarithm // dezimaler Logarithmus, dekadischer Logarithmus, Zehnerlogarithmus *m*: *логарифм* по основанию 10. Записывается в виде $\log_{10}$ или $\lg$.

деся́тка / ten // Zehn *f*: десять предметов, взятых вместе.

де́сять / ten // zehn: число 10.

детектирование, демодуляция / detection // Gleichrichtung *f*, Demodulation *f*: преобразование модулированных высокочастотных электрических колебаний с целью выделения низкочастотных колебаний, которыми были промодулированы колебания высокой (несущей) частоты (см. *модуляция*). Демодуляция применяется в радиоприемных устройствах для получения колебаний звуковой частоты, сигналов изображений в телевидении и т.д.

детектор / detector // Detektor *m*: детектор частиц — прибор или устройство для регистрации *элементарных частиц* (протонов, нейтронов,

электронов, мезонов и др.), *атомных ядер* (дейтронов, альфа-частиц и др.), а также *рентгеновских* и *гамма-лучей*.

детерминант / determinant // Determinante f : то же, что *определитель*.

детерминированный процесс / deterministic process // deterministischer Prozess: процесс, протекание которого однозначно определено при заданных условиях, в отличие от *случайного процесса*.

дефект массы / mass defect, packing loss // Massendefekt m : разность между суммой масс *нуклонов* (протонов и нейтронов), составляющих *атомное ядро*, и массой ядра. Дефект массы дает меру устойчивости ядра: чем больше дефект массы, тем выше энергия связи и тем устойчивее ядро.

деформация / deformation, distortion, strain // Deformation f , Verformung f : изменение формы или размеров тел или их частей, вызванное внешними воздействиями (нагревание, охлаждение, механическое действие со стороны других тел). Различают упругую деформацию, полностью исчезающую после удаления нагрузки, и пластическую, не исчезающую после удаления нагрузки. Основные виды деформации: *сжатие, растяжение, сдвиг, изгиб, кручение*.

деформировать / deform, distort // deformieren: изменять форму, производить *деформацию*.

децибел, дБ / decibel, dB // Dezibel n : единица для оценки звуковой или электромагнитной *мощности*; 1 децибел равен 1/10 Бел. Пусть W — рассматриваемая мощность, W_0 — некоторая произвольно выбранная мощность, тогда говорят, что W составляет $10 \lg \frac{W}{W_0}$ децибел по отношению к W_0 .

джилль / gill // Gill n : единица объема для жидкостей в *английской системе единиц*; 1 джилль = 1/4 *пинты*. В Великобритании 1 джилль = 0,142 литра, в США — 0,118 литра.

джоуль / joule, J // Joule n : единица *работы, энергии* и количества *теплоты* в *системе СИ*, равная *работе*, совершаемой *силой* в 1 Н при перемещении на 1 м вдоль направления силы. Названа в честь английского физика Дж. Джоуля (James Prescott Joule, 1818–1889).

дзета-функция / zeta-function // Zeta-Funktion f : введенная *Эйлером* и подробно изученная *Риманом* функция $\zeta(x)$, определяемая при $x > 1$ суммой ряда $\zeta(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^x}$. Допускает *аналитическое продолжение* на *комплексную плоскость* в виде однозначной функции, регулярной всюду кроме точки $z = 1$, где она имеет простой *полюс*. Имеет место формула: $\zeta(z) = \prod (1 - \frac{1}{p^z})^{-1}$, $\operatorname{Re} z > 1$, где p пробегает все *простые числа*, символ $\prod$ означает произведение. Дзета-функция (называемая обычно дзета-функцией Римана) играет большую роль в *теории чисел*.

диагонализация / diagonalization // Diagonalisierung f : диагонализация матрицы — приведение квадратной матрицы *подобным преобразованием* к диагональному виду: $\Lambda = T^{-1}AT$, где A — исходная матрица, T — невырожденная матрица, Λ — диагональная матрица. Если собственные векторы матрицы A образуют базис в пространстве столбцов, то матрица приводится к диагональному виду при помощи матрицы T , составленной из собственных векторов-столбцов матрицы A . В частности, если $n \times n$ матрица A имеет n различных собственных чисел, то её собственные векторы образуют базис.

диагональ / diagonal // Diagonale f : в *выпуклом многоугольнике* — отрезок, соединяющий какие-либо две вершины, не лежащие на одной стороне. В *выпуклом многограннике* — отрезок, соединяющий какие-либо две вершины, не лежащие на одной грани.

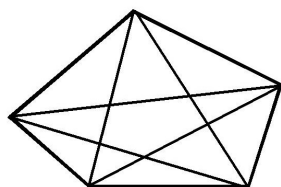


Рис. 45: Диагонали

диагональная матрица / diagonal matrix // Diagonalmatrix f : квадратная матрица Λ , все недиагональные элементы которой равны нулю: $(\Lambda)_{ij} = 0$ при $i \neq j$, $i, j = 1, \dots, n$.

диагональный вид / diagonal form // Diagonalgestalt f : результат диагонализации квадратной матрицы.

диагональный элемент / diagonal element // Diagonalelement n , Hauptdiagonalelement n : диагональные элементы матрицы A размера $m \times n$ — элементы вида a_{ii} , $i = 1, \dots, k$, где $k = \min(m, n)$.

диаграмма / diagram, graph, chart, plot // Diagramm n , Graph m : 1) графическое изображение значений числовых величин, применяемое для их наглядного сравнения. Различают диаграммы столбчатые, круговые, линейчатые.

2) В теоретической физике (в теории возмущений) употребляют диаграммы (диаграммы Фейнмана) для представления решений нелинейных уравнений квантовой теории поля и теории твердого тела.

диаграмма направленности / directional pattern // Richtdiagramm n для источника или приемника излучения (в частности, антенны): зависимость от направления излучаемой или принимаемой энергии (или мощности).



Рис. 46: Диаграммы

диамагнетизм / diamagnetism // Diamagnetismus *m*: свойство вещества намагничиваться навстречу направлению действующего на него внешнего магнитного поля. Диамагнетизм обусловлен тем, что при внесении вещества в магнитное поле в электронных оболочках атомов, в силу закона электромагнитной индукции, возникают индукционные токи, создающие магнитный момент, который по правилу Ленца противоположен внешнему магнитному полю.

диамагнётик / diamagnet // diamagnetischer Stoff: вещество, которое во внешнем магнитном поле намагничивается в направлении, противоположном внешнему полю. В отсутствие внешнего магнитного поля диамагнетик немагнитен.

ди́аметр / diameter // Durchmesser *m*: а) диаметр круга или эллипса — отрезок, проходящий через центр круга (соответственно, эллипса) и соединяющий две точки окружности (эллипса), а также длина этого отрезка. Диаметр круга является его наибольшей хордой. б) Для произвольной ограниченной области диаметр — наибольшее расстояние между любыми двумя точками области.

диапазо́н / range, spectral band // Bereich *m*, Intervall *n*, Gebiet *n*, Band *n*: интервал, в котором рассматриваемая величина может принимать свои значения.

диверге́нция / divergence // Divergenz *f*: дивергенция, или расходимость, векторного поля $\vec{A} = (A_1, A_2, A_3)$ определяется в декартовых координатах (x, y, z) формулой $\operatorname{div} \vec{A} = \frac{\partial}{\partial x} A_1 + \frac{\partial}{\partial y} A_2 + \frac{\partial}{\partial z} A_3$. Инвариантно (независимо от выбора системы координат) можно ввести дивергенцию следующим образом. Окружим точку P замкнутой поверхностью Σ и составим выражение $d = \frac{1}{V} \iint_{\Sigma} A_n dS$. Здесь V — объём тела, ограниченного поверхностью Σ , $A_n = (\vec{A}, \vec{n})$ — проекция вектора $\vec{A}$ на направление внешней нормали к поверхности, $\vec{n}$ — единичный вектор внешней нормали; интеграл — поверхностный интеграл 1-го рода, взятый по внешней стороне Σ . Будем стягивать поверхность Σ в точку P (при этом $V \rightarrow 0$); если существует

конечный предел выражения d , то этот предел равен дивергенции $\operatorname{div} \vec{A}$ векторного поля $\vec{A}$ в точке P :

$$\operatorname{div} \vec{A} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \iint_{\Sigma} A_n dS.$$

Дивергенция имеет следующий физический смысл. Пусть векторное поле $\vec{A}$ связано с потоком жидкости, протекающей через область, в которой находится точка P , а именно, $\vec{A} = \rho(P, t) \vec{v}(P, t)$, где t — время, ρ — плотность жидкости, $\vec{v}$ — скорость течения. Имеет место *уравнение неразрывности*: $\operatorname{div} \rho(P, t) \vec{v}(P, t) = -\frac{\partial \rho(P, t)}{\partial t}$. Это равенство означает, что дивергенция характеризует расходимость потока жидкости. Говорят, что при $\operatorname{div} \vec{A} > 0$ данная точка представляет собой источник, откуда жидкость вытекает, а при $\operatorname{div} \vec{A} < 0$ — сток, поглощающий жидкость.

Выражение для дивергенции в *цилиндрических координатах* (ρ, ϕ, z) :

$$\operatorname{div} \vec{A} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial}{\partial \rho} \rho A_\rho + \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} + \rho \frac{\partial A_z}{\partial z} \right),$$

в *сферических координатах* (r, θ, ϕ) :

$$\operatorname{div} \vec{A} = \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left(\frac{\partial}{\partial r} r^2 \sin \theta A_r + r \frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta A_\theta + r \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} \right).$$

дизъюнкция / disjunction // Disjunktion f : дизъюнкция, или логическое сложение, — операция, сопоставляющая каждой паре *высказываний* A и B высказывание $A \vee B$, причём $A \vee B$ ложно в том и только том случае, когда ложны оба высказывания A и B , и истинно в остальных случаях. См. также *конъюнкция*.

дина́мика / dynamics // Dynamik f : раздел *механики*, в котором изучается движение материальных тел, происходящее под действием приложенных к ним *сил*. В основе классической динамики лежат *законы Ньютона*, из которых следуют все уравнения и теоремы, необходимые для решения задач динамики. Первый закон Ньютона вводит представление об инерциальных системах отсчета, по отношению к которым законы движения имеют наиболее простой вид. Второй закон, или основное уравнение динамики точки, устанавливает, что под действием силы материальная точка приобретает ускорение, пропорциональное силе и обратно пропорциональное массе точки. Третий закон утверждает, что силы, с которыми два тела взаимодействуют, равны по величине и противоположны по направлению (равенство действия и противодействия).

Прямая задача динамики состоит в том, чтобы по известному движению тела найти действующие на него силы. Классический пример такой задачи

– открытие Ньютоном закона всемирного тяготения: зная установленные И. Кеплером на основе астрономических наблюдений Тихо Браге закономерности планетных движений, Ньютон показал, что эти движения происходят под действием направленной к Солнцу силы, величина которой обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца до планеты.

Обратная (основная) задача динамики состоит в том, чтобы по действующим на тело силам и начальному состоянию тела (начальному положению и начальной скорости) определить его движение. Пример такой задачи – по величине и направлению начальной скорости снаряда и по действующим на снаряд при движении силе тяжести и силе сопротивления воздуха найти положение и скорость снаряда в каждый момент времени и тем самым определить траекторию снаряда, дальность полета, время движения до цели и т.д.

При изучении движения материальных тел и механических систем часто применяют общие теоремы динамики, которые могут быть получены как следствие законов Ньютона. К ним относятся, в частности, закон движения центра масс, законы сохранения (изменения) импульса, момента импульса и энергии системы. В аналитической механике используют вместо законов Ньютона вариационные принципы и вытекающие из них уравнения Лагранжа или Гамильтона.

динамическая система / dynamical system // dynamisches System: в механике: механическая система с конечным числом *степеней свободы*, например, *материальная точка* или *твёрдое тело*. Задание начального состояния динамической системы (начальных условий) полностью определяет её поведение в последующие моменты времени.

В математике: динамическая система в узком смысле — то же, что *автономная система*. В широком смысле под динамической системой понимают действие *группы* G на некотором множестве W , именуемом фазовым пространством (по аналогии с фазовым пространством автономной системы). Это значит, что для любого элемента $g \in G$ определено отображение S_g пространства W на себя: если $w \in W$, то $S_g(w) \in W$, причем $S_{g_1}S_{g_2} = S_{g_1 * g_2}$ и единице e в группе G соответствует тождественное преобразование, т.е. $S_e(w) = w$ для всех $w \in W$. Совокупность точек $S_g(w_0)$, где w_0 фиксировано, а g пробегает G , называется траекторией, проходящей через точку w_0 .

Основные случаи (в обоих случаях групповая операция — сложение): а) G — группа *действительных чисел* $t \in \mathbf{R}$, при этом динамическую систему называют потоком, или системой с непрерывным временем, а преобразование S_g обозначают S_t ; б) G — группа *целых чисел* $n \in \mathbf{Z}$, при этом динамическую систему называют каскадом, или системой с дискретным временем, а преобразование S_g обозначают S_n . Пример

потока: автономная система $\frac{d}{dt}\vec{x} = \vec{f}(\vec{x})$, где $\vec{f}(\vec{x}) = \frac{d}{dt}S_t(\vec{x})|_{t=0}$; пример каскада: повороты единичной окружности вокруг центра, здесь S_1 — поворот на фиксированный угол α , а $S_n = S_1 S_1 \dots S_1$ — поворот на угол $n\alpha$.

Одна из основных задач в математической теории динамических систем — описание структуры множества траекторий. См. также *эргодическая теория*.

диод / diode // Diode f : электронный вакуумный или полупроводниковый прибор, пропускающий ток только в одном направлении и имеющий два контакта для включения в электрическую цепь.

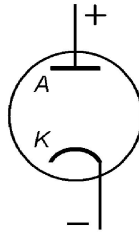


Рис. 47: Вакуумный диод: А - анод, К - катод

диоптрия, дп, D / diopter, D // Dioptrie f : единица оптической силы линз и оптических систем в СИ. 1 дп равна оптической силе линзы или сферического зеркала с фокусным расстоянием 1 м.

диофантово уравнение / Diophantine equation // diophantische Gleichung: диофантовы уравнения (в классическом смысле) — алгебраические уравнения с целыми или рациональными коэффициентами, решения которых отыскиваются в целых или рациональных числах. Простейшее диофантово уравнение имеет вид $ax + by = 1$, где a и b — взаимно простые целые числа (т.е. целые числа, не имеющие общих делителей кроме единицы). Это уравнение имеет бесконечно много решений — пар целых чисел x, y . Уравнение $x^2 + y^2 = z^2$ также имеет бесконечно много целых решений (т.н. *пифагоровы числа*). Ещё один пример диофантова уравнения, $x^n + y^n = z^n$, $n \geq 3$, связан с *великой теоремой Ферма*. Понятие диофантовых уравнений в современной математике значительно расширено.

диполь / dipole, doublet // Dipol m : электрический диполь — система двух зарядов, равных по величине, но имеющих противоположные знаки и находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Вдали от диполя напряженность создаваемого им электрического поля убывает обратно третьей степени расстояния от диполя. На диполь, помещенный во внешнее электрическое поле, действует момент сил, стремящийся ориентировать

диполь вдоль силовых линий. В неоднородном внешнем электрическом поле, кроме вращающего момента, на диполь действует также сила, стремящаяся втянуть его в область более сильного поля. Электрическое поле любой нейтральной в целом системы зарядов на большом от системы расстоянии можно приближенно представить как поле некоторого эквивалентного диполя.

Магнитный диполь — источник *магнитного поля*, пространственное распределение которого совпадает с распределением магнитного поля, создаваемого *электрическим током*, текущим по плоскому замкнутому контуру, в точках, находящихся на больших расстояниях от контура (по сравнению с размерами самого контура).

Дира́к (Paul Adrien Maurice Dirac, 1902–1984): английский физик, Нобелевский лауреат (1933), один из создателей аппарата *квантовой механики*. К наиболее известным вкладам в теоретическую физику относятся *дельта-функция* Дирака, предсказание существования *позитрона* и релятивистское уравнение Дирака.

директри́са / directrix // Leitlinie f , Direktrix f : директрисы *эллипса* $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ — две прямые, параллельные оси Oy и удалённые от неё на расстояние $d = a/e$, где $e = c/a$ — эксцентриситет эллипса. Таким же образом вводятся директрисы *гиперболы* $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$. Обозначим через r_1 расстояние от произвольной точки эллипса (или гиперболы) до фокуса $(c, 0)$, через r_2 — до фокуса $(-c, 0)$, через d_1 — до директрисы $x = a/e$, через d_2 — до директрисы $x = -a/e$, тогда $\frac{r_1}{d_1} = \frac{r_2}{d_2} = e$. Директриса *параболы* $y^2 = 2px$ — прямая, параллельная оси Oy и пересекающая ось Ox при $x = -p/2$. Если r — расстояние от произвольной точки параболы до фокуса, d — до директрисы, то $r = d$.

Дирихле́ (Peter Gustav Lejeune Dirichlet, 1805–1859): немецкий математик. Создатель аналитической теории чисел и автор ряда важных работ по теории функций. С его именем связаны, в частности, *условия Дирихле* и *теорема Дирихле* в теории рядов Фурье, *признак Дирихле* сходимости рядов, *функция Дирихле*, *задача Дирихле*.

дискретизи́зация / discretization // Diskretisierung f , Diskretisation f : приближённая замена задачи, описываемой в терминах непрерывных объектов, задачей о дискретных объектах. Например, в *методе Эйлера* дифференциальное уравнение $y' = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$ заменяется системой рекуррентных уравнений $y_1 = y_0 + f(x_0, y_0)h, \dots, y_{n+1} = y_n + f(x_0 + nh, y_n)h$, где (малое) число h — «шаг дискретизации».

дискре́тный ана́лиз, дискретная математика / discrete analysis // diskrete Analysis: область математики, занимающаяся изучением свойств структур конечного характера, которые возникают как в самой математике,

так и в её приложениях. К числу таких структур относятся линейные системы алгебраических уравнений, конечные группы, комбинаторные структуры, графы, конечные автоматы, системы кодирования информации и др. В отличие от классического анализа, дискретный анализ не использует понятий предела и непрерывности; с другой стороны, в дискретном анализе разработано большое число специальных алгоритмов для численного решения разнообразных задач, получающихся при конечной аппроксимации задач классического анализа. Между классическим анализом и дискретным анализом существует глубокая внутренняя связь и значительное взаимное проникновение.

дискрётный спектр / discrete spectrum // diskretes Spektrum: дискретный спектр *самосопряжённого оператора* в *гильбертовом пространстве* есть совокупность *собственных значений*, не принадлежащих предельному спектру. (Предельный спектр состоит из *непрерывного спектра*, предельных точек множества собственных значений и из собственных значений бесконечной кратности). Примеры: 1) в *евклидовом пространстве* векторов-столбцов $\mathbf{R}^n$, спектр оператора $\mathcal{A}$, действие которого определено как умножение на симметричную действительную *матрицу* A , является дискретным: он совпадает с множеством собственных значений матрицы A . 2) Оператор Штурма-Лиувилля, соответствующий дифференциальному выражению $-\frac{d^2}{dx^2}y + q(x)y$ на конечном промежутке $x \in [0, b]$ с граничными условиями $y(0) = 0$, $y(b) = 0$ и с непрерывным коэффициентом $q(x)$, имеет только дискретный спектр, состоящий из *счётного множества* собственных значений λ_k , где $\min_{0 \leq x \leq b} q(x) < \lambda_1 < \lambda_2, \dots$, причём $\lambda_n \rightarrow +\infty$ при $n \rightarrow \infty$. 3) Оператор Штурма-Лиувилля на полуоси $0 \leq x < +\infty$, с граничным условием $y(0) = 0$ и с коэффициентом $q(x)$, равным нулю при $x \in [0, 1]$ и равным $h > 0$ при $x \in (1, \infty)$ (т.н. «потенциальный ящик»), имеет дискретный спектр, состоящий из собственных значений $\lambda_k \in (0, h)$, $k = 1, \dots, n$, и непрерывный спектр при $\lambda \in [h, \infty)$. Здесь λ_k — корни уравнения $\sqrt{\lambda} \operatorname{ctg} \sqrt{\lambda} + \sqrt{h - \lambda} = 0$, $n = [\frac{\sqrt{h}}{\pi} + \frac{1}{2}]$, $[p]$ означает наибольшее целое число, меньшее p .

дискриминант / discriminant // Diskriminante f : дискриминант *квадратного уравнения* $ax^2 + bx + c = 0$ равен $b^2 - 4ac$. Дискриминант *кубического уравнения* $x^3 + px + q = 0$ равен $-27q^2 - 4p^3$.

дислока́ции / dislocations // Versetzungen pl : дефекты *кристалла*, представляющие собой линии, вдоль (и вблизи) которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей. Механические свойства кристалла, такие как *прочность* и *пластичность*, в значительной мере обусловлены существованием и движением дислокаций. Простейшие виды дислокаций — краевая и винтовая. Краевая дислокация представляет

собой линию, вдоль которой проходит край «оборванной» внутри кристалла атомной плоскости. В окрестности винтовой дислокации кристалл представляет собой одну атомную плоскость, имеющую вид пологой винтовой лестницы, т.е. эта плоскость закручена вокруг оси дислокации в виде пологого *геликоида*. Линии дислокаций не могут обрываться внутри кристалла, они должны либо образовывать замкнутые петли, либо разветвляться на несколько дислокаций, либо выходить на поверхность кристалла. Участки кристалла вблизи дислокаций находятся в упруго напряженном состоянии. Под действием внешних напряжений дислокации приходят в движение, в результате которого возникает пластическая деформация кристалла. Движению дислокации препятствует ее взаимодействие с другими дислокациями, с примесными атомами и другими дефектами кристалла.

дисперсия 1 / dispersion // Dispersion f : дисперсия волн — зависимость фазовой скорости гармонической (монохроматической) волны от ее частоты (или от длины волны). Если фазовая скорость волн в некотором частотном интервале постоянна, говорят об отсутствии дисперсии. Примерами волн без дисперсии могут служить электромагнитные волны в вакууме, поперечные волны в натянутой струне, упругие (звуковые) волны в твердом стержне. Дисперсия присутствует для электромагнитных волн (в частности, света) в веществе, что обнаруживается, например, при прохождении белого света через стеклянную призму как его разложение в спектр на монохроматические компоненты (спектральные цвета), отличающиеся частотой. Дисперсию можно наблюдать и для волн на поверхности воды, где ее результатом может быть различие *групповой скорости* и *фазовой скорости*, а также деформация (расплывание) волнового возмущения в процессе распространения.

дисперсия 2 / dispersion, scattering, variance // Dispersion f , Vari-
anz f : в теории вероятностей: дисперсия случайной величины — мера отклонения значений случайной величины от её среднего значения. Для дискретной случайной величины X , принимающей значения $x_1, \dots, x_n$ с вероятностями $p_1, \dots, p_n$, дисперсией называется величина $D(X) = \sum_{k=1}^n p_k(x_k - a)^2$. Здесь $a = M(X) = \sum_{k=1}^n p_k x_k$ — математическое ожидание, или среднее значение, случайной величины X . Для непрерывной случайной величины сумма заменяется интегралом: $D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - a)^2 \rho(x) dx$, где $\rho(x)$ — плотность распределения величины X , $a = M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \rho(x) dx$ — математическое ожидание величины X . В общем случае дисперсия задаётся интегралом Стильтьеса $D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M(X))^2 dF(x)$, где $F(x)$ — функция распределения, $M(X)$ — математическое ожидание

величины X . Дисперсия $D(X)$ характеризует степень «случайности» (недетерминированности) величины X . Дисперсию обозначают также DX . Для некоторых случайных величин дисперсия не существует (ряд или интеграл расходится).

диссертация / thesis, dissertation, Ph.D // Dissertation f : научный труд, представляемый на соискание учёной степени (кандидата или доктора наук).

диссипативный оператор / dissipative operator // dissipativer Operator: *линейный оператор A в гильбертовом пространстве H , область определения D_A которого плотна в H , и такой, что $\operatorname{Im}(Ax, x) \geq 0$ при всех $x \in D_A$.*

диссипация / dissipation // Dissipation f , Zerstreuung f : диссипация энергии физической системы — переход части энергии упорядоченного движения (например, энергии механического движения, электрической или магнитной энергии) при наличии сопротивления движению в энергию неупорядоченного движения, в конечном счете — в тепловую энергию (*теплоту*).

диссоциация / dissociation // Dissoziation f : распад молекулы, радикала, иона или комплексного соединения на две или более частей. Если распад индуцирован повышением температуры, диссоциацию называют термической; если действием света — фотохимической. Распад молекулы в растворе называют электролитической диссоциацией. Количественной характеристикой диссоциации служит степень диссоциации — отношение количества диссоциировавших молекул к общему количеству молекул данного вещества.

дистрибутивность / distributivity // Distributivität f : дистрибутивность (распределительность) умножения относительно сложения — свойство, выражаемое равенством $a(b + c) = ab + ac$. Умножение чисел, векторов и матриц дистрибутивно относительно сложения.

дифракционная решётка / grating, diffraction grating // optisches Gitter, Beugungsgitter n : оптический прибор, представляющий собой периодическую структуру из большого числа регулярно расположенных одинаковых элементов, на которых может происходить дифракция света, например, параллельных равноотстоящих штрихов, нанесенных на плоскую или вогнутую металлическую или стеклянную пластинку (до 2000 штрихов на мм). Основное свойство дифракционной решетки — способность разложения падающего на нее пучка света на *монохроматические* компоненты (по длинам волн), поэтому она используется в качестве диспергирующего элемента в спектральных приборах (*спектрометрах*, спектрофотометрах, монохроматорах и т.п.).

дифракция / diffraction // Diffraction f : в узком смысле — огибание волнами препятствий, в более широком — любое отклонение волн от их распространения по законам *геометрической оптики*. Благодаря дифракции

колебания могут проникать в область геометрической тени, огибать препятствия, распространяться вдоль поверхностей, проникать через небольшие отверстия в экранах и т.п. Дифракционные явления сходны для волн разной физической природы и в большинстве случаев объясняются на основе линейного *волнового уравнения* или вытекающих из него интегральных соотношений. Важнейшим из них является принцип Гюйгенса – Френеля, согласно которому волновое поле в любой точке пространства складывается из вторичных волн, порождаемых некоторыми фиктивными (воображаемыми) источниками, расположенными на поверхности, отделяющей эту точку от первичной падающей волны. Если на пути волн поставить экран с (малым) отверстием, получим на поверхности в отверстии экрана вторичные источники, волны от которых распространяются также и в область геометрической тени. Два разнесенных отверстия (или щели) будут порождать *когерентные* волны, которые, интерферируя между собой, образуют дифракционную картину с чередующимися максимумами и минимумами одинаковой ширины. Периодический набор отверстий или щелей (*дифракционная решетка*) дает многолучевую дифракционную картину с резкими максимумами, разделенными широкими темными промежутками.

диффеоморфизм / diffeomorphism // Diffeomorphismus *m*: взаимно однозначное непрерывно дифференцируемое отображение *дифференцируемого* многообразия (например, области в *евклидовом пространстве*) на дифференцируемое многообразие, причем обратное отображение также непрерывно дифференцируемо. Например, функция $y = e^x$ взаимно однозначно отображает действительную прямую $x \in (-\infty, +\infty)$ на полупрямую $(0, +\infty)$ и задаёт соответствующий диффеоморфизм.

дифференциал / differential // Differential *n*: дифференциал в точке x_0 *дифференцируемой функции* $f(x)$ от одной переменной x вводится как произведение *производной* $f'(x_0)$ на дифференциал dx переменной x : $df(x_0) = f'(x_0)dx$. При этом: если x — независимая переменная, то $dx = \Delta x = x - x_0$ — произвольное приращение x , а если $x = x(t)$ — функция переменной t и $x_0 = x(t_0)$, то $dx = x'(t_0)dt$. Пусть $dx \rightarrow 0$, тогда приращение функции $\Delta f = f(x_0 + dx) - f(x_0)$ и её дифференциал df оба стремятся к нулю, причем они отличаются на *бесконечно малую* высшего порядка малости: $\Delta f = df + o(dx)$. В этом смысле дифференциал называют главной линейной (относительно dx) частью приращения функции. Дифференциал дифференцируемой функции $f(x_1, \dots, x_n)$ от нескольких переменных $x_1, \dots, x_n$ вводится по формуле $df = \frac{\partial f}{\partial x_1}dx_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n}dx_n$, где $\frac{\partial f}{\partial x_k}$ есть *частная производная* функции по переменной x_k , а dx_k — дифференциал переменной x_k ; если x_k — независимая переменная, то $dx_k = \Delta x_k$ — произвольное приращение x_k . Для функции нескольких переменных дифференциал также является главной линейной частью приращения. См. также *дифференциал*

Гато и дифференциал Фреше.

дифференциал Гато, слабый дифференциал / Gâteaux differential, weak differential // Gâteauxches Differential: обобщение понятия *дифференциала* функции от конечного числа переменных на отображения в бесконечномерных пространствах. Пусть X и Y — линейные *топологические пространства*, f — отображение X в Y , $x_0 \in X$. Если для всякого $h \in X$ существует предел $D(x_0, h) = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1}{t}(f(x_0 + th) - f(x_0))$, то $D(x_0, h)$ называется дифференциалом Гато отображения в точке x_0 . Пусть X и Y — *нормированные пространства*; если отображение $(x, h) \rightarrow D(x, h)$ равномерно непрерывно по x и непрерывно по h в некоторой области, то дифференциал Гато совпадает с *дифференциалом Фреше*.

дифференциал дуги: то же, что *элемент дуги*.

дифференциал Фрешё, сильный дифференциал / Fréchet differential, strong differential // Frechetsches Differential: обобщение понятия *дифференциала* функции от конечного числа переменных на отображения в бесконечномерных пространствах. Пусть X и Y — *нормированные пространства*, f — отображение X в Y , $x_0 \in X$. Если приращение $\Delta f = f(x_0 + h) - f(x_0)$ допускает при $h \rightarrow 0$ представление $\Delta f = D(x_0, h) + o(\|h\|)$, где $D(x_0, h)$ — линейное по h непрерывное отображение, а $o(\|h\|)$ — бесконечно малая высшего порядка малости по сравнению с $\|h\|$, то $D(x_0, h)$ называют дифференциалом Фреше отображения f в точке x_0 . Дифференциал Фреше представим в виде $f'(x_0)h$, при этом оператор $f'(x_0)$ называется производной Фреше.

Если дифференциал Фреше существует, то *дифференциал Гато* существует и совпадает с ним. В конечномерном случае дифференциал Фреше совпадает с обычным дифференциалом функции.

дифференциальная геометрия / differential geometry // Differentialgeometrie f : раздел геометрии, изучающий свойства кривых и поверхностей методами математического анализа.

дифференциальное исчисление / differential calculus // Differentialrechnung f : раздел математики, в котором изучаются понятия *производной* и *дифференциала* и способы их применения к исследованию функций.

дифференциальное уравнение / differential equation // Differentialgleichung f : уравнение, связывающее искомую функцию, независимые переменные и *производные* от искомой функции по независимым переменным. *Обыкновенное дифференциальное уравнение* [сокр: ОДУ] (ordinary differential equation [сокр: ODE] // gewöhnliche Differentialgleichung) содержит производные искомой функции, зависящей только от одной переменной; уравнение с *частными производными* (partial differential equation [сокр: PDE] // partielle Differentialgleichung) содержит частные производные

искомой функции, зависящей от нескольких переменных. В *линейное дифференциальное уравнение* искомая функция и её производные входят линейно. Примеры: $y' = f(x, y)$ — ОДУ 1-го порядка для искомой функции $y(x)$; $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ — линейное уравнение с частными производными 2-го порядка от искомой функции $u(x, y)$ (*уравнение Лапласа*).

дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом / differential equation with deviating argument // Differentialgleichung mit abweichendem Argument: *дифференциальное уравнение*, связывающее аргумент, искомую функцию и её производные, взятые, вообще говоря, при различных значениях этого аргумента. Пример: $x'(t) = ax(t - \tau)$, где a и τ — заданные постоянные; τ называется отклонением. Уравнение вида $x'(t) = f(t, x(t), x(t - \tau))$ при $\tau > 0$ ($\tau < 0$) называется уравнением запаздывающего (опережающего) типа. Рассматриваются также уравнения высших порядков и с несколькими (различными) отклонениями.

Линейное уравнение с постоянными коэффициентами и постоянными отклонениями аргументов вида $x^{(n)} = \sum_{j=1}^N a_j x^{(m_j)}(t - \tau_j)$ имеет частные решения $x = e^{pt}$, где p удовлетворяет характеристическому уравнению $p^n = \sum_{j=1}^N a_j p^{m_j} e^{-\tau_j p}$. Если хотя бы одно из чисел $\tau_j \neq 0$, такое уравнение имеет бесконечное множество корней $p_1, p_2, \dots$.

В общем случае решения дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом находят с помощью приближённых методов.

дифференциальный бином, биномный дифференциал / binomial differential // binomisches Differential: выражение вида $x^m(a + bx^n)^p dx$, где a, b — действительные числа, m, n, p — рациональные числа, dx — символ *дифференциала*. Чебышев доказал, что *неопределённый интеграл* $\int x^m(a + bx^n)^p dx$ является *элементарной функцией* в тех и только тех случаях, когда хотя бы одно из чисел $p, (m+1)/n, p+(m+1)/n$ является *целым числом*.

дифференциальный оператор / differential operator // Differential-operator m : *оператор*, соответствующий *дифференциальному уравнению*. В теории дифференциальных уравнений оператор L понимается обычно как правило, сопоставляющее гладкой функции u функцию Lu . Например, оператор Лапласа Δ связан с *уравнением Лапласа* $\Delta u = 0$, оператор $L = \frac{d^2}{dx^2} + p(x)\frac{d}{dx} + q(x)$ соответствует уравнению $y'' + p(x)y' + q(x)y = f(x)$. В *теории операторов* термин «дифференциальный оператор» понимается в более полном смысле, а именно, кроме правила действия оператора указывается и его область определения.

дифференцирование / differentiation, derivation // Differentiation f : вычисление *производной*.

дифференци́ровать / differentiate // differenzieren: вычислять *производную*.
 «Продифференцируем функцию $f(x, y)$ по переменной x » / let us differentiate the function $f(x, y)$ with respect to x // differenzieren wir die Funktion $f(x, y)$ nach der Variable x .

дифференци́руемая фۇнкция / differentiable function // differenzierbare Funktion: 1) функция $f(x)$ одной действительной переменной x называется дифференцируемой в точке x_0 , если в этой точке существует *производная* $f'(x_0)$; дифференцируемой n раз в точке x_0 , если в этой точке существуют производные данной функции 1-го, 2-го, ..., n -го порядка; 2) функция $f(z)$ *комплексного переменного* z называется дифференцируемой в точке z_0 , если в этой точке существует производная $f'(z_0)$ (в комплексном смысле); 3) функция $f(x, y)$ двух действительных переменных x, y называется дифференцируемой в точке (x_0, y_0) , если существует круг $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 < r^2$ такой, что для всех точек (x, y) этого круга приращение функции $\Delta f = f(x, y) - f(x_0, y_0)$ может быть представлено в виде $\Delta f = A\Delta x + B\Delta y + \alpha(\Delta)$, где A, B — постоянные числа, $\Delta x = x - x_0$, $\Delta y = y - y_0$, $\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, причём $\alpha(\Delta)/\Delta \rightarrow 0$, когда $\Delta \rightarrow 0$. Это означает, что приращение функции, с точностью до *бесконечно малой* высшего порядка малости, является линейной функцией от бесконечно малых приращений аргументов. Если функция $f(x, y)$ дифференцируема в точке (x_0, y_0) , то в этой точке существуют *частные производные* $\frac{\partial f}{\partial x} = A$ и $\frac{\partial f}{\partial y} = B$. Выражение $df = \frac{\partial f}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f}{\partial y}\Delta y$ называется *дифференциалом* функции f (предполагается, что x и y — независимые переменные). Таким образом, малое приращение дифференцируемой функции равно — с точностью до бесконечно малой высшего порядка малости — дифференциалу функции. Аналогично определяются дифференцируемые функции трёх и более переменных.

Примечание: существование частных производных первого порядка — необходимое, но не достаточное условие для дифференцируемости функции нескольких переменных. Если же частные производные существуют и непрерывны, то функция является дифференцируемой.

дифференци́руемое многооб́разие / differentiable manifold // differenzierbare Mannigfaltigkeit: локально евклидово *топологическое пространство*, наделённое дифференциальной структурой. Это означает следующее. Пусть X — *хаусдорфово пространство*; если у каждой точки $x \in X$ найдётся окрестность U , *гомеоморфная* некоторому открытому множеству K *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$, то X называется топологическим многообразием (или локально евклидовым пространством) размерности n . Пара (U, ϕ) , где U — окрестность точки x , а ϕ гомеоморфно отображает U на K , называется локальной картой точки x ; обратное отображение ϕ^{-1} гомеоморфно

отображает K на U . Пусть в евклидовом пространстве задана некоторая система координат, тогда каждая точка $x \in X$ имеет в локальной карте (U, ϕ) ровно n координат, а именно, n евклидовых координат образа $\phi(x) \in K$ этой точки x .

Пример: у окружности $\xi^2 + \eta^2 = 1$ на плоскости (ξ, η) дуга $U_1 : \xi = \cos t, \eta = \sin t, t \in K_1 = (0, \pi)$ гомеоморфна промежутку $K_1 \subset \mathbf{R}^1$, а дуга $U_2 : \xi = \cos \tau, \eta = \sin \tau, \tau \in K_2 = (-\pi/2, +\pi/2)$ гомеоморфна промежутку $K_2 \subset \mathbf{R}^1$. При этом пара (U_1, ϕ_1) , где отображение ϕ_1 задано формулой $t = \arccos \xi$, является локальной картой (а t — локальной координатой) любой точки $(\xi, \eta) \in U_1$, а пара (U_2, ϕ_2) , где ϕ_2 задано формулой $\tau = \arcsin \eta$, — локальной картой (τ — локальной координатой) любой точки $(\xi, \eta) \in U_2$. Это значит, что часть T окружности, расположенная в I, II и IV квадрантах, есть топологическое многообразие размерности 1.

Семейство карт $\{(U_\alpha, \phi_\alpha)\}$, $\alpha \in A$, называется n -мерным C^k -атласом многообразия X , если выполняются два условия: 1) совокупность всех U_α покрывает X , т.е. $X = \bigcup_{\alpha \in A} U_\alpha$; 2) для любых U_α и U_β таких, что $U_{\alpha, \beta} = U_\alpha \cap U_\beta \neq \emptyset$, отображение $\Phi_{\alpha, \beta} = \phi_\beta \circ \phi_\alpha^{-1}$, преобразующее $\phi_\alpha(U_{\alpha, \beta})$ к $\phi_\beta(U_{\alpha, \beta})$, принадлежит классу дифференцируемости C^k . Это отображение $\Phi_{\alpha, \beta}$ называется преобразованием координат от карты (U_α, ϕ_α) к карте (U_β, ϕ_β) . В примере с дугами окружности: одномерный атлас класса C^∞ состоит из двух карт (U_1, ϕ_1) и (U_2, ϕ_2) ; $\Phi_{1,2}$ — преобразование координат от карты (U_1, ϕ_1) к карте (U_2, ϕ_2) , при этом $\tau = t$.

Определение: n -мерным дифференцируемым многообразием класса C^k называется топологическое многообразие размерности n , с дифференциальной структурой, заданной n -мерным атласом класса C^k . В примере с окружностью: часть окружности T — одномерное дифференцируемое многообразие класса C^∞ .

диффузия / diffusion // Diffusion f : взаимное проникновение, самостоятельное перемешивание соприкасающихся веществ, обусловленное хаотическим тепловым движением *атомов* или *молекул*. Диффузия происходит в направлении уменьшения *концентрации* вещества и ведет к его равномерному распределению по объему. Диффундировать могут как частицы (атомы или молекулы) постороннего вещества в промежутки между частицами основного вещества, так и собственные частицы (самодиффузия). Диффузия макроскопических частиц, взвешенных в жидкости или газе (например, частиц дыма или суспензии) происходит благодаря их *броуновскому движению*.

дихотомия / dichotomy // Dichotomie f : 1) в *вычислительной математике* — то же, что *метод половинного деления*; 2) в теории *дифференциальных уравнений* — свойство линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений $\vec{x}'(t) = A(t)\vec{x}(t)$, состоящее в простейшем случае в том, что

множество всех решений распадается на две группы, в одной из которых решения не возрастают, а в другой не убывают при $t \rightarrow +\infty$.

дихроизм / dichroism // Dichroismus m : неодинаковое поглощение двух составляющих проходящего сквозь слой вещества света, линейно поляризованных во взаимно-перпендикулярных направлениях. Явление дихроизма используется для изготовления поляризационных светофильтров (поляроидов).

диэлектрик / dielectric // Dielektrikum n : вещество, плохо проводящее электрический ток. Термин «диэлектрик» введен *Фарадеем* для обозначения веществ, в которые проникает электрическое поле. Разительное количественное различие в *электропроводности* диэлектриков и металлов квантовая теория *твёрдого тела* объясняет различным характером распределения электронов по уровням энергии. В диэлектриках верхний заполненный электронами энергетический уровень совпадает с верхней границей одной из разрешенных энергетических зон (в металлах он лежит внутри разрешенной зоны), а ближайшие к нему свободные уровни отделены от заполненных запрещенной зоной, которую электроны под действием обычных (не слишком сильных) электрических полей преодолеть не могут. Многие диэлектрики используются как электроизоляционные материалы, диэлектрические кристаллы используются в квантовой электронике (в *лазерах* и квантовых усилителях).

диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая постоянная / permittivity, dielectrical constant // Dielektrizitätskonstante f : величина ϵ , характеризующая поляризацию *диэлектриков* под действием *электрического поля*. Диэлектрическая проницаемость входит в *закон Кулона* как величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия двух внесенных в диэлектрик *зарядов* меньше, чем в *вакууме*. Ослабление взаимодействия происходит вследствие экранирования свободных зарядов входящими в состав атомов и молекул связанными зарядами, которые не способны под действием электрического поля перемещаться на макроскопические расстояния, но смещаются из своих равновесных положений и вызывают *поляризацию* среды.

диэлектрическая проницаемость вакуума: то же, что *электрическая постоянная*.

длина́ / length // Länge f : числовая характеристика пространственной протяжённости линий. Длина отрезка прямой равна расстоянию между его концами, измеренному каким-либо отрезком, принятым за единицу длины. Длина ломаной — сумма длин её звеньев. Длина (или модуль, норма) $|\vec{x}|$ вектора $\vec{x}$ в *евклидовом пространстве* $\mathbf{R}^n$ вычисляется по формуле $|\vec{x}| = (\sum_{k=1}^n x_k^2)^{1/2}$, где $x_1, \dots, x_n$ — координаты вектора $\vec{x}$ относительно *ортонормированного базиса*. См. также *длина дуги*.

длина́ волны́ / wave-length // Wellenlänge f : для гармонической

(*монохроматической*) волны, длина волны определяется как расстояние, проходимое волной за один период колебания: $\lambda = vT$, где v — *фазовая скорость*, T — *период*. Другими словами, длина волны равна расстоянию (взятому в направлении распространения волны) между ближайшими точками, в которых колебания имеют одинаковую *фазу*. Длина *уединённой волны* — длина промежутка, на котором в данный момент сосредоточены отклонения колеблющихся точек от положения покоя.

длина́ дуги / length of an arc // Bogenlänge f : длина L_γ дуги кривой γ определяется как предел *длины* вписанной в дугу ломаной при бесконечном измельчении её звеньев; при этом предполагается, что наибольшая из длин звеньев ломаной стремится к нулю.

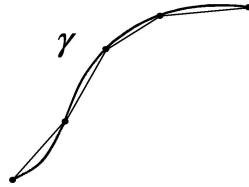


Рис. 48: Длина дуги

Кривая, имеющая длину, называется *спрямляемой кривой*. Если кривая задана на плоскости с системой *декартовых координат* (x, y) уравнением $y = f(x)$ при $a \leq x \leq b$, причём непрерывная функция $f(x)$ имеет непрерывную производную $f'(x)$, то кривая спрямляемая, и $L_\gamma = \int_a^b \sqrt{1 + f'^2(x)} dx$. Для кривой в пространстве, заданной уравнениями $y = f(x)$, $z = g(x)$ при $a \leq x \leq b$, длина дуги равна $\int_a^b \sqrt{1 + f'^2(x) + g'^2(x)} dx$. При параметрическом задании кривой, $x = \xi(t)$, $y = \eta(t)$, $z = \zeta(t)$, $a \leq t \leq b$, длина дуги равна $\int_a^b \sqrt{\xi'^2(t) + \eta'^2(t) + \zeta'^2(t)} dt$.

длина́ свободного пробега / mean free path // mittlere freie Weglänge: средняя длина пути, проходимого частицей между двумя последовательными соударениями с другими частицами.

длительность импульса / pulse duration // Impulsdauer f , Impulsbreite f : временная протяженность одиночного возмущения.

дно / bottom, ground // Boden m , Grund m : 1) основание сосуда; 2) дно водоёма — граница жидкой и твёрдой сред.

добавление / supplement, appendix // Zusatz m , Nachtrag m , Ergänzung f : дополнительный текст, приложение.

добрóтность / quality factor, Q-factor // Güte f , Gütezahl f , Gütefaktor m , Q-Faktor m : безразмерная величина Q , характеризующая резонансные

свойства *колебательной системы* (в случае вынужденных колебаний) и быстроту затухания *собственных колебаний*. Добротность определяется как отношение запасенной системой энергии колебаний к энергии, рассеиваемой (диссипируемой) за период колебания. Собственные колебания *осциллятора* с высокой добротностью ($Q \gg 1$) затухают медленно (за время затухания осциллятор успевает совершить большое число колебаний). Добротность связана с логарифмическим *декрементом затухания* соотношением: $Q = \pi/D$.

доверительная вероятность / confidence probability // Konfidenzwahrscheinlichkeit f : см. *доверительная оценка*.

доверительная оценка, доверительное оценивание / confidence estimation // Konfidenzschätzung f : точечная, или *статистическая оценка* γ^* параметра γ распределения *случайной величины* ничего не говорит о точности приближения $\gamma^* \approx \gamma$; такую информацию дают т.н. доверительные оценки. Доверительной оценкой параметра γ с коэффициентом доверия p называется неравенство вида $P(\underline{\gamma} < \gamma < \bar{\gamma}) = p$, означающее, что интервал $I = (\underline{\gamma}, \bar{\gamma})$ с вероятностью p накрывает искомое значение параметра γ . Интервал I называется *доверительным интервалом*, p — доверительной вероятностью или коэффициентом доверия, или надёжностью; обычно $p \approx 1$.

доверительный интервал / confidence interval // Konfidenzintervall n : в *математической статистике*: интервал $I = (\underline{\gamma}, \bar{\gamma})$, который с доверительной вероятностью p накрывает искомое значение параметра γ распределения *случайной величины*: $P(\underline{\gamma} < \gamma < \bar{\gamma}) = p$. Д.и. строится по выборке $x_1, \dots, x_n$ объёма $n > 1$ из генеральной совокупности $\{x\}$.

В наиболее важном случае, когда все x_n имеют одинаковое *нормальное распределение* с *математическим ожиданием* a и *дисперсией* σ^2 , д.и. I_a для математического ожидания имеет вид:

а) если дисперсия известна, то $I_a = (\bar{x} - t_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$. Здесь $\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + \dots + x_n)$ — выборочное среднее, величина t_p («квантиль») — решение уравнения $p = 2\Phi_0(t_p)$, где $\Phi_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-x^2/2} dx$ — функция Лапласа (см. *интеграл ошибок*); значение t_p при заданном p находят из таблиц функции $\Phi_0(t)$.

б) если дисперсия неизвестна, то $I_a = (\bar{x} - t_p \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t_p \frac{s}{\sqrt{n}})$. Здесь $s^2 = \frac{1}{n-1} [(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]$ — выборочная дисперсия; квантиль t_p — решение уравнения $p = 2F_{n-1}(t_p)$, где $F_{n-1}(t) = \int_0^t f_{n-1}(x) dx$ — функция распределения *Стюдента* с $(n-1)$ степенями свободы; значение t_p при заданных n и p находят из таблиц функций $F_{n-1}(t)$.

При тех же условиях д.и. I_{σ^2} для дисперсии имеет вид $I_{\sigma^2} = (\frac{s^2(n-1)}{c_2}, \frac{s^2(n-1)}{c_1})$.

Здесь c_1 — решение уравнения $G_{n-1}(c) = q$ при $q = (1 - p)/2$, c_2 — решение при $q = (1 + p)/2$, где $G_{n-1}(t) = \int_0^t h_n(x) dx$ — функция *хи-квадрат распределения* с $(n - 1)$ степенями свободы; значения c_1 и c_2 при заданных n и p находят из таблиц функций χ^2 .

додека́эдр / dodecahedron // Dodekaeder n : *правильный многогранник*, грани которого — 12 правильных пятиугольников.

до́за излу́чения / radiation dose // Strahlungs-dosis f : энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом и рассчитанная на единицу его массы. Поглощенная энергия расходуется на нагрев вещества и на его физические и химические превращения. При прочих равных условиях доза тем больше, чем больше время облучения, т.е. доза накапливается со временем. Единица СИ поглощенной дозы 1 грэй (Гр) названа в честь английского ученого Л.Грэя (Louis Harold Gray, 1905–1965). 1 Гр равен дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия любого ионизирующего излучения 1 Дж.

При облучении живых организмов (в частности человека) возникают биологические эффекты, величина которых при одной и той же поглощенной дозе различна для разных видов ионизирующего излучения. Поэтому знание только поглощенной дозы недостаточно для оценки радиационной опасности. Измерение поглощенных доз осуществляется специальными дозиметрическими приборами.

дока́зательство / proof, demonstration // Beweis m : последовательность рассуждений, логически обосновывающих данное утверждение.

дока́зательство от проти́вного / reductio ad absurdum, proof by contradiction // Widerspruchsbeweis m , reductio ad absurdum: доказательство приведением к противоречию, см. *противное*.

докла́д / report, paper, presentation // Bericht m , Vortrag m : научный доклад — сообщение о новых результатах или обзор известных фактов по данному кругу вопросов.

докла́дчик / speaker, lecturer // Vorlesende m , Vortragende m : тот, кто выступает с чтением доклада (не обязательно автор).

до́кторский / doctoral // Doktor=: докторская диссертация — диссертация на звание доктора наук; докторская степень — официально присуждённая степень доктора наук.

долгота́ / longitude // Länge f : угловое расстояние на земном шаре, отсчитываемое от нулевого *меридиана* на восток (до 180° восточной долготы) или на запад (до 180° западной долготы). Нулевой меридиан проходит через город *Гринвич*.

домёны / domains // Domänen pl : области химически однородной среды, отличающиеся электрическими, магнитными или упругими свойствами, либо упорядоченностью в расположении частиц. Ферромагнитные домены

(ferromagnetic domains // ferromagnetische Bezirke, Weißsche Bezirke) — области *самопроизвольной* намагниченности, намагниченные до насыщения части объема *ферромагнетика*, на которые он разбивается ниже *температуры Кюри*. В отсутствие внешнего магнитного поля векторы намагниченности отдельных доменов ориентированы таким образом, что результирующая намагниченность всего образца, как правило, равна нулю.

доминировать / dominate, prevail, predominate // dominieren: главенствовать, господствовать, превалировать, иметь наибольшее влияние или значение. В математике — при предельном переходе в сумме нескольких функций одна из них доминирует, если отношение суммы прочих слагаемых к данной функции стремится к нулю. Пример: в сумме $e^{2x} + e^x$ при $x \rightarrow +\infty$ доминирует e^{2x} .

до́нор / donor // Donator m : примесный атом в *полупроводнике*, ионизация которого (в результате теплового движения либо внешнего воздействия) приводит к появлению свободного электрона (электрона в *зоне проводимости*). Например, в *кристаллах* германия и кремния типичные доноры — атомы элементов V группы периодической системы P, As, Sb.

до́норная приме́сь / donor impurity // Donatorstörstelle f : то же, что и *донор*.

доопредели́ть / complete a definition, define // Definition ergänzen: доопределить функцию $f(x)$, определённую на множестве D , — означает присоединить к множеству D какое-либо множество D_1 и во всех точках D_1 дополнительно задать значения функции. Часто встречается случай функции, заданной на открытом интервале (a, b) и имеющей конечные пределы при $x \rightarrow b - 0$ или $x \rightarrow a + 0$; в этом случае доопределяют функцию «по непрерывности», полагая, соответственно, $f(a) = f(a + 0)$, $f(b) = f(b - 0)$. Если c — точка устранимого *разрыва* функции, то функцию можно доопределить по непрерывности подобным же образом, полагая $f(c) = \lim_{x \rightarrow c} f(x)$.

До́плера эффе́кт: см. *эффект Доплера*.

дополне́ние / complement // Komplement n , Komplementärmenge f : в математике: рассмотрим *множества* A и B , причем $A \subseteq B$, т.е. все элементы множества A принадлежат также множеству B (при этом A называется подмножеством множества B). Дополнение множества A относительно множества B — это множество таких элементов $x \in B$, которые не принадлежат A . Например, дополнение полуоткрытого интервала $[a, b)$ относительно прямой $(-\infty, +\infty)$ есть объединение двух полубесконечных интервалов: $(-\infty, a) \cup [b, +\infty)$.

дополни́тельный / supplementary, complementary // ergänzend, komplementär, nachträglich: добавляемый для (большей) полноты.

допустимый / admissible, permissible // zulässig, erlaubt: приемлемый, разрешённый, не выходящий за определённые границы.

допущение / assumption, hypothesis // Annahme f : предположение.

достаточное условие / sufficient condition // hinreichende Bedingung: *условие*, при выполнении которого данное высказывание обязательно принимает значение «истина». В условном предложении «если A истинно, то и B истинно», связывающем высказывания A и B , высказывание « A истинно» является достаточным условием истинности высказывания B . Пример: «Если $x > 0$, то $x > -1$ ». См. также *необходимое условие*.

достоверное событие / certain event // sicheres Ereignis: в *теории вероятностей* — событие, которое наверняка происходит при данных условиях, например, выпадение не менее одного очка при бросании игральной кости.

дробно-линейная функция / linear-fractional function // gebrochene lineare Funktion: 1) Вещественная (= действительная) функция вида $y = \frac{ax+b}{cx+d}$, где коэффициенты a, b, c, d — действительные числа и $ad - bc \neq 0$. Дробно-линейная функция непрерывна и монотонна при $x \in (-\infty, -d/c)$ и при $x \in (-d/c, +\infty)$; в точке $x = -d/c$ — бесконечный разрыв. 2) Комплексная функция вида $w = \frac{az+b}{cz+d}$, где $ad - bc \neq 0$ и коэффициенты a, b, c, d — вообще говоря, комплексные числа. $w(z)$ — *регулярная функция* при всех z , кроме $z = -d/c$, где имеет *простой полюс*; она осуществляет взаимно однозначное отображение *расширенной комплексной плоскости* $z \in \tilde{\mathbb{C}}$ на $w \in \tilde{\mathbb{C}}$. Любая окружность на плоскости z отображается в окружность на плоскости w (прямая линия считается частным случаем окружности).

дробно-рациональная функция / rational function, fractional function // gebrochene rationale Funktion: функция вида $\frac{P(x)}{Q(x)}$, где $P(x)$ и $Q(x)$ — *полиномы*, причём $P(x)$ не делится нацело на $Q(x)$ (т.е. заданная функция не является полиномом). Полиномы иногда называют целыми рациональными функциями.

дробный / fractional // Bruch=: дробное выражение, дробное число — то же, что *дробь*.

дробь / fraction, quotient // Bruch m , Bruchzahl f : выражение вида $\frac{a}{b}$ или a/b , где a и b — числа или буквенные выражения. Здесь a — числитель, b — знаменатель дроби, $b \neq 0$. Дробь, знаменатель которой есть 1, считается равной числителю: $\frac{7}{1} = 7$. Основное свойство дроби: дробь не изменится, если её числитель и знаменатель умножить на одно и то же ненулевое число, например, $\frac{3}{7} = \frac{15}{35}$. Перемножение двух дробей сводится к перемножению их числителей и отдельно их знаменателей; деление числа на дробь сводится к умножению числа на обратную дробь:

$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$, $x : \frac{a}{b} = x \cdot \frac{b}{a}$. Сложение двух дробей, имеющих одинаковые знаменатели, сводится к сложению числителей: $\frac{a}{b} + \frac{c}{b} = \frac{a+c}{b}$.

У натуральной дроби числитель и знаменатель — натуральные числа (например $\frac{3}{7}$), у арифметической дроби — действительные целые числа. Дробное число вида $\frac{1}{n}$ выражает величину, равную одной n -й части целого, число вида $\frac{m}{n}$ равно m таких частей. Если числитель дроби меньше знаменателя (по абсолютной величине), то дробь называется правильной (например $\frac{3}{7}$), в противном случае — неправильной (например $\frac{7}{3}$). У неправильной дроби можно выделить целую часть: $\frac{7}{3} = 2\frac{1}{3}$. См. также *десятичная дробь*.

дуализм во́лна — части́ца, корпускулярно-волновой дуализм / wave-particle dualism, wave-corpuscle dualism // Wellen-Teilchen-Dualismus m : лежащее в основе *квантовой механики* представление о том, что в поведении микрообъектов (*фотонов, электронов, протонов* и др.) проявляются как корпускулярные, так и волновые свойства. По представлениям доквантовой физики движение частицы и распространение волны — принципиально разные процессы. Однако многие эксперименты свидетельствуют о том, что свет, имеющий по классическим представлениям волновую природу, обнаруживает сходство с потоком частиц — фотонов, обладающих энергией $E = h\nu$ и импульсом $p = h/\lambda$, где ν — частота, λ — длина волны света, h — *постоянная Планка*. И наоборот, пучок электронов, падающих на кристалл, дает дифракционную картину (см. *дифракция*), которую можно объяснить только на основе волновых представлений, сопоставив свободно движущемуся электрону так называемую волну де Бройля, частота и длина волны которой связаны с энергией и импульсом электрона соотношениями $\nu = E/h$ и $\lambda = h/p$ (см. *де-бройлевская длина волны*). Корпускулярно-волновой дуализм несовместим с представлениями классической физики; логически непротиворечивое, естественное объяснение он получил только в квантовой механике. См. также *корпускулярно-волновой дуализм*.

дуа́льность / duality // Dualität f : то же, что *двойственность*.

дуа́льный ба́зис: см. *двойственный базис*.

дуга́ / arc // Bogen m : часть *окружности*, ограниченная двумя точками. Длина дуги окружности, радиус которой r , равна $l = \alpha r$, где α — *центральный угол* (в *радианах*), опирающийся на эту дугу. Дугой называют также часть произвольной кривой.

дуга́ гра́фа / arc [or: directed line, oriented element, directed edge] of a graph // Bogen m [oder Pfeil m , oder gerichtete Kante] des Graphen: ориентированное ребро *графа*.

дугово́й разря́д / arc discharge, electric arc // Lichtbogenentladung f : самостоятельный *квазистационарный* электрический *разряд* в газе,

отличающийся высокой плотностью тока, сосредоточенного в узком ярко светящемся плазменном шнуре. Дуговой разряд впервые наблюдался между двумя угольными электродами в воздухе в 1802 году русским учёным Владимиром Васильевичем Петровым (1762–1834) и независимо от него в 1808 г. английским ученым Г. Дэви (Sir Humphry Davy, 1778–1829). Существует множество разновидностей дугового разряда.

ды́рка / hole // Loch *n*: квазичастица в твердом теле, квантовое состояние, не занятое электроном в валентной (заполненной) энергетической зоне *полупроводника*. Как квазичастица, дырка характеризуется положительным зарядом (равным по величине заряду электрона), определенной эффективной массой и энергией, равной энергии отсутствующего электрона, взятой с противоположным знаком.

ды́рочная проводимость, проводимость *p*-типа / hole conduction // Löcherleitung *f*: проводимость *полупроводника*, в котором основные носители тока — *дырки*. Дырочная проводимость осуществляется, когда концентрация *акцепторов* выше концентрации *доноров*.

дюйм / inch // Zoll *m*: единица *длины* в *английской системе единиц*; 1 дюйм (1 in, или 1") = 2,54 см, 12 дюймов составляют 1 *фут*, 3 фута составляют 1 *ярд*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Е

Евкли́д, Эвкли́д [греч.: Eukleides] / Euclid // Euklid: греческий математик, живший в Александрии (Египет) в 3-м веке до н.э. Важнейший труд Евклида «Начала» содержит систематическое изложение *планиметрии*, *стереометрии* и некоторых вопросов *теории чисел*. В частности, в этом труде впервые сформулированы *аксиомы*, лежащие в основе классической геометрии. См. также *пятый постулат Евклида*.

евкли́дово простран́ство / Euclidean space // euklidischer Raum: в узком смысле — двумерное (плоскость) или трёхмерное многообразие (физическое пространство), объекты которого (прямые линии, углы между ними, многоугольники, плоскости, геометрические фигуры и т.п.) удовлетворяют аксиомам евклидовой геометрии; окружающее нас реальное пространство обладает свойствами трёхмерного евклидова пространства. В широком смысле евклидово пространство — конечномерное действительное *векторное пространство* $\mathbf{R}^n$ со *скалярным произведением* $(\vec{x}, \vec{y})$, где $\vec{x}, \vec{y} \in \mathbf{R}^n$. В *ортонормированном базисе* скалярное произведение выражается формулой

$(\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{k=1}^n x_k y_k$, где x_k, y_k — координаты векторов в этом базисе; длина, или *норма*, вектора $\vec{x}$ равна $|\vec{x}| = \left(\sum_{k=1}^n x_k^2 \right)^{1/2}$; расстояние d между векторами (или «точками») $\vec{x}$ и $\vec{y}$ равно $d = |\vec{x} - \vec{y}|$. Обычно предполагают, что в евклидовом пространстве $\mathbf{R}^n$ фиксирован некоторый ортонормированный базис, тем самым каждый вектор этого пространства представлен набором своих координат, что записывают в виде $\vec{x}(x_1, \dots, x_n)$ или $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$.

По определению, бесконечная последовательность $\vec{x}^1, \vec{x}^2, \vec{x}^3, \dots$, векторов евклидова пространства $\mathbf{R}^n$ имеет *предел* $\vec{x} \in \mathbf{R}^n$, если $\lim_{k \rightarrow \infty} |\vec{x}^k - \vec{x}| = 0$. Равносильное определение: для каждого $m = 1, 2, \dots, n$ имеет место равенство $\lim_{k \rightarrow \infty} x_m^k = x_m$, т.е. сходимость векторов покоординатная. Справедлив также *критерий Коши*.

единица 1 / identity, one, unit element // Eins f : единица, единичный элемент.

единица 2 / unit, unit of measurement // Einheit f , Maßeinheit f : единица измерения — стандартная *физическая величина*, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице. Единицы физических величин реализуются как меры (например, *метр, килограмм*), которые служат для измерения родственных физических величин. Единицы физических величин делятся на системные, т.е. входящие в какую-либо систему единиц (см. *система СИ, гауссова система единиц, английская система единиц, метрическая система единиц*), и внесистемные единицы (например, мм ртутного столба, лошадиная сила). Системные единицы подразделяются на основные, выбираемые произвольно на основе соглашения (метр, килограмм, секунда и др.), и производные единицы, образуемые с помощью уравнений связи между физическими величинами (ньютон, джоуль, ватт и т.п.). Для удобства используют также кратные и дольные единицы (киловольт, нанометр и т.п.).

единицы длины / units of length // Längeneinheiten pl : 1) метрические — *миллиметр, сантиметр, дециметр, метр, километр*; 2) английские — *линия, дюйм, фут, ярд, род, миля*.

единицы массы / units of mass // Masseneinheiten pl : 1) метрические — *миллиграмм, грамм, килограмм, тонна*; 2) английские — *унция, фунт, стоун, тонна*.

единицы объёма / units of volume // Volumeneinheiten pl : 1) метрические — *кубические миллиметр, сантиметр, дециметр, метр, километр*, а также *литр*; 2) английские — *кубические дюйм, фут, ярд*, а также — для жидких и сыпучих тел — *дэзилль, пинта, кварта, пек, галлон, бушель, баррель*.

единицы площади / units of area // Flächeneinheiten pl : 1) метрические

— квадратные *миллиметр, сантиметр, дециметр, метр, километр*, а также *ар, гектар*; 2) английские — *квадратные дюйм, фут, ярд, миля*, а также *акр*.

единичная матрица / identity matrix // Einheitsmatrix f : *диагональная матрица*, все диагональные элементы которой равны 1, а все элементы вне главной диагонали равны 0. Обозначается I или E . Очевидно, $(I)_{ik} = \delta_{ik}$, где δ_{ik} — *символ Кронекера*. Основное свойство единичной матрицы I : $AI = IA = A$ для любой квадратной матрицы A такого же размера, как I .

единичный / unit, identity // Einheits=: связанный с числом 1, например, *единичный круг, единичная матрица*.

единичный вектор / unit vector // Einheitsvektor m : *вектор*, длина которого равна 1 (то же, что *орт*). Если $\vec{a} \neq \vec{0}$, то $\frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}$ — единичный вектор, направленный так же как $\vec{a}$.

единичный круг / unit disk // Einheitskreis m : *круг радиуса 1*.

единственно возможный / the only (one) possible, unique // einzig möglich: только один возможный (случай, вариант, исход).

единственность / uniqueness // Eindeutigkeit f : *возможность существования только одного объекта рассматриваемого типа*. Например: «Докажем единственность решения *задачи Коши*».

единый / unified // Einheits=: образующий одно неразделяемое целое; объединенный.

ёмкость / capacity, volume // Volumen n , Fassungsvermögen n , Rauminhalt m : *размер сосуда, объём*. См. также *электроёмкость*.

естественная радиоактивность / natural radioactivity // natürliche Radioaktivität: *способность некоторых атомных ядер самопроизвольно (спонтанно) превращаться в другие ядра с испусканием частиц и излучения*. К таким процессам относятся *альфа-распад, бета-распад*, спонтанное деление ядер. Радиоактивный распад часто сопровождается *гамма-излучением*. Естественная радиоактивность урана обнаружена в 1896 г. французским физиком Беккерелем (Henri Becquerel, 1856–1908, Нобелевский лауреат 1903).

естественное граничное условие / natural boundary condition // naturale Randbedingung: в *вариационном исчислении*, в задаче об экстремуме функционала $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$: если в точке x_0 значение $y(x)$ задано, $y(x_0) = y_0$ (т.е. этот конец искомой экстремали фиксирован), а другой конец экстремали находится на заданной прямой $x = x_1$, причем $y(x_1)$ не задано, то в число необходимых условий экстремума входит естественное граничное условие в точке пересечения искомой экстремали и данной прямой: $F_{y'}(x_1, y(x_1), y'(x_1)) = 0$. Вместе с условием $y(x_0) = y_0$ оно

составляет два условия для нахождения двух произвольных постоянных в общем решении уравнения Эйлера. Если в точке x_0 значение $y(x)$ также не задано, то и в этой точке должно выполняться естественное граничное условие: $F_{y'}(x_0, y(x_0), y'(x_0)) = 0$. Естественные граничные условия обобщаются на случай функционалов, зависящих от нескольких функций, и для функционалов, заданных в виде *кратных интегралов*.

естéственный свет, неполяризованный свет / natural light // natürliches Licht: *оптическое излучение* с быстро и беспорядочно изменяющимся направлением электрического вектора (направлением *напряженности* электрического поля волны), причем все направления поля, перпендикулярные *световому лучу*, представлены в одинаковой мере (равновероятны). При разложении пучка естественного света на два луча, линейно *поляризованных* во взаимно-перпендикулярных направлениях, возникают две равные по интенсивности взаимно некогерентные компоненты исходного пучка. Обычные источники света (раскаленные тела, светящиеся газы) испускают свет, близкий к естественному.

естествознáние / natural science // Naturwissenschaft *f*: науки о природе; к естествознанию относятся физика, химия, астрономия, метеорология, геология, биология, антропология, палеонтология, медицина, а также смежные науки — биофизика, физическая химия, геофизика и др. География является пограничной областью знаний, математика — вспомогательным средством для естествознания.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ж

желéзо / iron // Eisen *n*: *металл*, элемент *периодической системы химических элементов* (Fe, номер 26).

жё́сткие услóвия / severe constraints // strenge Bedingungen: сильно ограничивающие условия.

жё́сткий / rigid, hard, stiff // hart, fest, steif: с трудом сгибаемый, твёрдый.

жё́сткое дифференциáльное уравнёние / stiff differential equation // steife Differentialgleichung: *обыкновенное дифференциальное уравнение*, при численном решении которого методами типа *Рунге-Кутты* шаг интегрирования обязан оставаться малым, несмотря на медленное изменение искомых переменных. Попытки экономии времени вычисления за счёт увеличения шага приводят к резкому возрастанию погрешности. Пример жё́сткого

уравнения: $y'' + 10y' - 11y = 0$. Для численного решения жёстких уравнений и систем уравнений применяют специальные приёмы.

жёсткость / hardness, stiffness // Härte f , Steifheit f : мера податливости тела *деформации* под действием нагрузки: чем больше жёсткость, тем меньше деформация. В частности, при упругой деформации растяжения или сжатия пружины жёсткость k — это характеризующий пружину коэффициент пропорциональности между её удлинением x и вызывающей это удлинение силой: $F = -kx$ (*закон Гука*).

жидкий / liquid // flüssig: находящийся в жидком *агрегатном состоянии*, например, жидкий *гелий*.

жидкость / liquid, fluid // Flüssigkeit f : вещество в жидком *агрегатном состоянии*, занимающем промежуточное положение между твердым и газообразным состояниями. Жидкостям присущи одновременно некоторые свойства, характерные для *твердых тел*, такие как сохранение объема (малая сжимаемость, существование поверхности, прочность на разрыв), и свойства, характерные для *газа* (жидкость принимает форму сосуда, может быть непрерывным образом, без разделения на две фазы, переведена в газообразное состояние, равно как и газ — в жидкое). В то же время жидкость обладает рядом только ей присущих свойств, из которых наиболее характерное — *текучесть*.

жизнь / life // Leben n : в биологии — особая форма существования белковых тел, основной чертой которой является самовоспроизведение и обмен веществом и энергией с окружающей средой. В физике термин *время жизни* употребляется для характеристики средней длительности существования радиоактивных ядер и нестабильных частиц, а также средней продолжительности нахождения атомных систем в возбужденных состояниях.

жирный шрифт, полужирный шрифт / boldface // Fettdruck m : шрифт, в котором буквы печатаются более толстыми линиями, чем обычно. В данном словаре **термины** напечатаны **жирным шрифтом**.

жордánова мáтрица / Jordan matrix // Jordansche Matrix: квадратная блочно-диагональная матрица J , имеющая вид

$$J = \begin{pmatrix} J_{n_1}(\lambda_1) & & & & \\ & 0 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \ddots & \\ 0 & & & & J_{n_s}(\lambda_s) \end{pmatrix}, \quad J_m(\lambda) = \begin{pmatrix} \lambda & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda & 1 & 0 & \dots & 0 \\ & & \ddots & & & \\ & & & \ddots & & \\ & & & & \ddots & \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \lambda & 1 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \lambda \end{pmatrix}$$

Здесь $J_m(\lambda)$ — квадратная $m \times m$ матрица, $m = 1, \dots, s$. Матрица $J_m(\lambda)$

называется жордановой клеткой порядка m с собственным числом λ . Всякая квадратная матрица A подобна жордановой матрице: $C^{-1}AC = J$, причем собственные числа $\lambda_1, \dots, \lambda_s$ жордановых клеток матрицы J являются *собственными числами* матрицы A . Приводящая матрица C состоит из *собственных* и *присоединённых* векторов матрицы A .

жорда́нова ме́ра: см. *мера Жордана*.

жре́бий / toss, lot // Los n : судьба. «Бросать жребий» / to toss a coin // das Los werfen, eine Münze werfen: производить испытание с двумя возможными исходами, например, бросать монету (см. *теория вероятностей*).

журна́л / journal, periodical // Zeitschrift f , Journal n : периодическое издание.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

З

заве́дующий / head, manager, chief, chairman // Verwalter m , Leiter m , Chef m : руководитель, начальник. «Заведующий кафедрой» / chairman of the department // Professor mit Lehrstuhl.

зави́симость / dependence, function, relation // Abhängigkeit f , Zusammenhang m : в математике и физике — связь двух (или более) величин, при которой изменения одной из величин могут вызывать изменения других величин. Например, формула $z = 2x + 3y$ выражает зависимость z от x и y . «В зависимости от» / depending on, subject to, as a function of // je nach.

зави́симые фу́нкции / dependent functions // abhängige Funktionen: для функций нескольких переменных вводится понятие зависимости. Функции $\phi_i(\vec{x})$, где $i = 1, \dots, n$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$, называются зависимыми в области B , если существует функция $F(y_1, \dots, y_n) \not\equiv 0$ такая, что $F(\phi_1(\vec{x}), \dots, \phi_n(\vec{x})) \equiv 0$ в области $\vec{x} \in B$. Критерий зависимости функций: их *якобиан* тождественно равен нулю. Примеры: а) функции $e^{x_1+x_2}$ и $e^{x_1-x_2}$ независимы, так как их якобиан $J = -2e^{2x_1} \neq 0$; б) $\sin(x_1 - x_2)$, $\cos(x_1 - x_2)$ зависимы, так как $J \equiv 0$ (зависимость очевидна: $\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma - 1 \equiv 0$).

завихре́ние / turbulence, vortex // Wirbel m : быстрое вращательное движение жидкости или газа, турбулентность.

загла́вие / title, heading // Titel m , Überschrift f : заголовок, название книги или статьи.

загла́вная бу́ква / capital letter, capital // Großbuchstabe m : буква большего размера, употребляемая в начале предложения и при написании фамилий, имён, географических названий, некоторых учреждений и должностей (Госдума, Президент РФ, ООН). В английском языке, кроме того, названия дней недели, месяцев, языков и национальностей, а в немецком языке и все существительные, пишутся с заглавной буквы.

загружа́ть / load, charge // laden, beladen: накладывать (до предела) куда-либо груз, тяжести; давать (полную) нагрузку. «Компьютер загружается» / the computer is loading // der Computer wird gestartet: в компьютере после включения происходит установка программ, необходимых для его работы.

загрязне́ние / pollution // Verunreinigung f , Verschmutzung f : нарушение чистоты. «Загрязнение окружающей среды» / environmental pollution // Umweltverschmutzung f .

задава́емый / given, prescribed, defined (by) // vorgegeben: определяемый, вводимый. Например, «оператор $\mathcal{A}$, задаваемый дифференциальным выражением $\mathcal{A}y = -y'' + y$ и граничными условиями $y(0) = 0$, $y(1) = 0$ ».

зада́нный / given, prescribed, defined // vorgegeben: введённый, определённый ранее. Словосочетание «наперёд заданное число» (preassigned number // vorgegebene Zahl) употребляется, например, в определении *предела*.

зада́ча / problem, task // Aufgabe f , Problem n : задание; проблема. «Поставить задачу» / to set a problem, to set a task // das Problem stellen.

зада́ча Коши / Cauchy problem, initial value problem // Cauchysches Problem: для обыкновенного *дифференциального уравнения* $y' = f(x, y)$ задача Коши состоит в нахождении функции $y(x)$, удовлетворяющей уравнению и начальному условию $y(x_0) = y_0$, где x_0 и y_0 — заданные числа.

зада́ча о четырёх кра́сках / four-color problem // Vierfarbenproblem n : можно ли области любой плоской карты раскрасить четырьмя цветами так, чтобы всякие две соседние области были раскрашены в различные цвета? Легко видеть, что трёх красок для этой цели мало: для карты, состоящей из четырёх областей, каждая из которых граничит с тремя другими областями, необходимо 4 краски. В 1890 году было доказано, что пяти красок достаточно для любой карты. Многочисленные попытки решения задачи о 4-х красках оказали влияние на развитие теории *графов*. В 1976 г. группой американских математиков, которой руководили К.Аппель (K.Appel) и В.Хакен (W.Haken), задача о четырёх красках решена положительно; существенную роль в доказательстве сыграло применение компьютеров.

зада́ча Плато́ / Plateau problem // Plateausches Problem: в геометрии — задача нахождения минимальной поверхности с заранее заданной границей.

Для поверхностей вида $z = z(x, y)$ задача Плато сводится к решению следующего *уравнения Эйлера–Лагранжа*: $(1+q^2)\frac{\partial p}{\partial x} + (1+p^2)\frac{\partial q}{\partial y} - 2pq\frac{\partial p}{\partial y} = 0$, где $p = \frac{\partial z}{\partial x}$, $q = \frac{\partial z}{\partial y}$. Мыльная плёнка, натянутая на проволочный каркас, принимает форму минимальной поверхности.

задача трёх тел / three-body problem // drei Körper Problem: одна из задач *небесной механики* о движении трех тел, взаимно притягивающихся по *закону тяготения* Ньютона. В общем случае движение трех гравитационно взаимодействующих тел может быть очень сложным и даже хаотическим (иррегулярным), но для ряда частных случаев существуют простые решения. Так, например, все три тела могут совершать синхронно регулярные кеплеровы движения по геометрически подобным *коническим сечениям* (окружностям, эллипсам, параболам или гиперболам), образуя либо равностороннюю конфигурацию (треугольные решения *Лагранжа*), либо коллинеарную конфигурацию (решения *Эйлера*).

задача Штурма–Лиувилля / Sturm-Liouville problem // Sturm-Liouvillesches Problem: на промежутке $x \in (a, b)$ рассматривается *обыкновенное дифференциальное уравнение* $-(p(x)y')' + q(x)y = \lambda r(x)y$ (*) с граничными условиями на концах промежутка: $\alpha_0 y(a) + \alpha_1 y'(a) = 0$, $\beta_0 y(b) + \beta_1 y'(b) = 0$. Здесь $p(x), q(x), r(x)$ — заданные непрерывные действительные функции, причём $p'(x)$ непрерывна и $p(x) > 0$, $r(x) > 0$, параметр λ — комплексное число, α_k, β_k ($k = 0, 1$) — заданные действительные числа, причем $\alpha_0^2 + \alpha_1^2 \neq 0$, $\beta_0^2 + \beta_1^2 \neq 0$. Число λ называется собственным значением (или собственным числом) задачи, если при таком λ уравнение (*) имеет нетривиальное решение $y(x) \neq 0$. Функция $y(x)$ при этом называется собственной функцией задачи, соответствующей (или отвечающей) собственному значению λ . В задаче Штурма–Лиувилля (задаче Ш–Л) требуется найти все собственные значения и собственные функции.

Пример: $-y'' = \lambda y$, $0 < x < \pi$, $y(0) = y(\pi) = 0$. Здесь $\lambda_n = n^2$, $n = 1, 2, \dots$, $y_n(x) = \sin nx$.

Свойства задачи Ш–Л: 1) все собственные значения действительны; 2) существует бесконечное множество собственных значений: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, \dots$, причем $\lim_{n \rightarrow \infty} \lambda_n = +\infty$; 3) каждому собственному значению λ_k отвечает одна *линейно независимая* собственная функция $y_k(x)$; 4) собственные функции, отвечающие различным собственным значениям, ортогональны на промежутке $[a, b]$ с весом $r(x)$:

$$\int_a^b y_k(x) y_n(x) r(x) dx = 0, \text{ если } \lambda_k \neq \lambda_n.$$

5) всякая непрерывная кусочно-гладкая на отрезке $[a, b]$ функция $f(x)$ может быть разложена в ряд Фурье по собственным функциям задачи Ш–Л:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n y_n(x), \quad f_n = \frac{1}{\gamma_n} \int_a^b f(x) y_n(x) r(x) dx, \quad \gamma_n = \int_a^b y_n^2(x) r(x) dx.$$

Внутри промежутка (a, b) ряд сходится к $f(x)$.

Задача Штурма–Лиувилля в вышеуказанной постановке называется регулярной задачей Ш–Л. Если промежуток бесконечный или коэффициенты уравнения имеют особые точки, то задача называется сингулярной. Пример: задача Ш–Л на промежутке $(-1, 1)$ для *уравнения Лежандра* сингулярна, так как точки ± 1 — особые точки для данного уравнения. В данном случае в качестве граничных условий следует потребовать ограниченность решения $y(x)$ уравнения при $x \rightarrow 1$ и при $x \rightarrow -1$.

зада́чник / set of problems, problem book // Aufgabensammlung f ; Rechenbuch n [задачник по арифметике]: сборник задач.

заде́ржка / delay, lag // Verzögerung f : отставание, замедление (вследствие затруднений).

заземле́ние / ground, earth, ground connection; grounding // Erde f , Erdung f : искусственное электрическое соединение с землей машин, аппаратов и приборов в энергетических установках, в промышленности, в устройствах связи для защиты людей и оборудования от поражения *электрическим током* и для нормальной работы оборудования.

зазо́р / clearance, gap, tolerance // Zwischenraum m , Lücke f : пробел, пустое место, допуск.

заключа́ть в себе́ / imply, contain, include // (in sich) enthalten: содержать внутри себя.

заклю́чение 1 / conclusion, inference, summary // Schluss m , Schlussfolgerung f : последняя часть текста, в которой подводятся итоги работы (статьи, доклада).

заклю́чение 2 / conclusion // Abschluss m : заключение договора, соглашения.

заклю́ён стро́го внут́ри / strictly contained in // ist streng innerhalb $[G]$, ist in $[D]$: находится внутри, например, окружность $x^2 + y^2 = 2$ заключена строго внутри кольца $1 < x^2 + y^2 < 3$.

заклю́чительный / final, concluding, terminal // Schluss=, abschließend: последний, заканчивающий (книгу, статью, музыкальное произведение, серию докладов).

закоди́ровать / code, encode // kodieren, codieren: записать текст с помощью иных обозначений, зашифровать его.

зако́н / law, principle // Gesetz n : в физике — твёрдо установленное соотношение между *физическими величинами*, выражающее объективно существующее свойство материального мира, например, *закон всемирного тяготения*. В математике — традиционное название некоторых теорем, например, *закон инерции квадратичных форм*.

закон Авогадро / Avogadro law, Avogadro hypothesis // Avogadrosche Regel, Avogadrosches Gesetz, Avogadrosche Hypothese: утверждение о том, что равные объемы различных *идеальных газов* при одинаковом *давлении* и *температуре* содержат одинаковое число *молекул*. Авогадро (Amedeo di Guaregna e Ceretto Avogadro, 1776–1856) — итальянский физик, выдвинувший данное утверждение как гипотезу для объяснения поведения газообразных веществ при химических реакциях. См. также *число Авогадро*.

закон Ампера / Ampère law // Amperesches Gesetz: 1) Закон механического взаимодействия двух *электрических токов*: два длинных прямолинейных параллельных проводника притягиваются друг к другу, если токи в них направлены одинаково, и отталкиваются, если токи направлены в противоположные стороны. Сила взаимодействия проводников пропорциональна токам I_1 и I_2 и обратно пропорциональна расстоянию d между ними: в расчете на единицу длины проводников эта сила равна $2kI_1I_2/d$, где $k = \mu_0/4\pi$ в СИ (μ_0 — *магнитная постоянная*) и $k = 1/c^2$ в *гауссовой системе* единиц (c — *скорость света*). 2) Формула для определения силы $\Delta \vec{F}$, действующей на элемент $\Delta \vec{l}$ проводника с током I в *магнитном поле* с *индукцией* $\vec{B}$: $\Delta \vec{F} = I \Delta \vec{l} \times \vec{B}$ (знак $\times$ означает *векторное произведение*).

закон Архимеда / Archimedean principle // Archimedisches Prinzip: на тело, погружённое в *жидкость*, действует выталкивающая сила, численно равная весу жидкости в объёме погружённой части тела. Выталкивающая сила направлена вертикально вверх, а точкой ее приложения можно считать *центр масс* вытесненного объема. Возникновение выталкивающей силы объясняется тем, что статическое *давление* в жидкости благодаря силе тяжести увеличивается с глубиной, так что силы давления жидкости на нижние элементы поверхности тела больше, чем на верхние. Равнодействующая сил давления на все элементы поверхности тела и есть выталкивающая (архимедова) сила. Аналогичное утверждение справедливо при погружении тела в газ.

закон Био–Савара / Biot-Savart law // Biot-Savartsches Gesetz: определяет *напряженность* магнитного поля, создаваемого *электрическим током*. Открыт в 1820 году французскими физиками Би́о (Jean Baptist Biot, 1774–1862) и Саваром (Félix Savart, 1791–1841) и в общем виде сформулирован П. Лапласом. Согласно закону Био–Савара–Лапласа, малый отрезок проводника, по которому течет ток I , создает в точке, находящейся на расстоянии $\vec{r}$ от $\Delta \vec{l}$, магнитное поле с индукцией $\Delta \vec{B} = k[\Delta \vec{l} \times \vec{r}]/r^3$. Здесь $k = \mu_0/4\pi$ в СИ (μ_0 — *магнитная постоянная*) и $k = 1/c$ в *гауссовой системе* единиц; символ $\times$ означает *векторное произведение*.

закон Бойля–Мариотта / Boyle-Mariotte law // Boyle-Mariottesches Gesetz: один из основных газовых законов, согласно которому при постоянной

температуре T объём данной массы газа V обратно пропорционален его давлению p , т.е. $pV = \text{const.}$ Сформулирован в 1662 г. английским ученым Р. Бойлем (Robert Boyle, 1627–1691), а также в 1676 г. французским физиком Э. Мариоттом (Edme Mariotte, 1620–1684). Закон Бойля–Мариотта строго выполняется только для *идеального газа*; для реальных газов этот закон выполняется тем точнее, тем дальше от *критического состояния* находится газ.

закон больших чисел / law of large numbers // Gesetz der großen Zahlen: в *теории вероятностей* — общее название принципа, в силу которого совместное действие большого числа случайных факторов приводит к результату, почти не зависящему от случая. Рассмотрим т.н. схему *Бернулли*: пусть производится n независимых испытаний, причём в результате каждого испытания случайное событие A может появиться с вероятностью p . Частотой появления события A называется отношение $\frac{m}{n}$ числа m появлений события к числу испытаний n . Теорема Бернулли утверждает, что для любого (сколь угодно малого) числа $\epsilon > 0$ вероятность того, что частота появления события отклонится от его вероятности p больше, чем на ϵ , стремится к нулю при $n \rightarrow \infty$:

$$P\left(\left|\frac{m}{n} - p\right| > \epsilon\right) \rightarrow 0. \quad (*)$$

Например, при многократном бросании монеты герб будет (с большой вероятностью) выпадать приблизительно в 50% случаев. Сходимость частоты события к его вероятности, выражаемая соотношением (*), называется сходимостью по вероятности. Известны различные обобщения и усиления теоремы Бернулли, в частности, *усиленный закон больших чисел*.

закон всемирного тяготения / law of gravitation // Gravitationsgesetz n : любые два тела притягиваются друг к другу, причём сила притяжения двух точечных тел (*материальных точек*) пропорциональна массе каждого тела и обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами: $F = Gm_1m_2/r^2$, где m_1, m_2 — массы тел, r — расстояние между телами, $G = 6,672\,59 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ — гравитационная постоянная. Окончательная формулировка закона всемирного тяготения была дана Ньютоном в 1687 г. в его труде «Математические основы естествознания» («Математические начала натуральной философии» в переводе А.Н.Крылова).

закон Гей-Люссака / Gay-Lussac law // Gay-Lussacsches Gesetz: один из основных газовых законов, согласно которому при постоянном давлении объём V данной массы газа меняется линейно с температурой t : $V = V_0(1 + \alpha t)$. Здесь V_0 — объём газа при температуре 0°C , $\alpha = (1/273,15)\text{K}^{-1}$ — коэффициент теплового расширения. Закон Гей-Люссака строго справедлив только для *идеального газа*; для реальных газов этот

закон выполняется тем точнее, тем дальше от *критического состояния* находится газ. Открыт в 1802 г. французским ученым Ж. Гей-Люссаком (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778–1850).

закон Гу́ка / Hooke law // Hookesches Gesetz: в *теории упругости* — утверждение о том, что при малых *деформациях* упругого тела величина деформации пропорциональна величине приложенной нагрузки (механическому *напряжению*). Открыт в 1660 г. английским физиком Р. Гуком (Robert Hooke, 1635–1703).

закон Дальтона / Dalton law // Daltonsches Gesetz: *давление* смеси химически не взаимодействующих *идеальных газов* равно сумме их *парциальных давлений*. Приблизительно применим к реальным газам при значениях температур и давлений, далеких от критических. Открыт в 1801 г. английским химиком и физиком Дж. Дальтоном (John Dalton, 1766–1844).

закон Джоуля–Ленца / Joule law // Joulesches Gesetz: определяет количество *теплоты* Q , которое выделяется в проводнике с *сопротивлением* R за время t при прохождении через него *тока* I : $Q = I^2 R t$. Закон установлен в 1840 г. английским ученым Дж. Джоулем (James Prescott Joule, 1818–1889) и подтвержден в 1842 г. точными опытами русского физика Эмилия Христиановича Ленца (1804–1865).

закон инерции квадратичных форм / law of inertia for quadratic forms, Sylvester law of inertia // Sylvestersches Trägheitsgesetz: см. *квадратичная форма*.

закон исключённого третьего / law of excluded middle // Satz vom ausgeschlossenen Dritten: закон (аксиома) классической *логики*, состоящий в том, что каково бы ни было высказывание A , является истинным одно из двух: или A , или $\neg A$; это утверждение можно записать формулой $A \vee \neg A$. Закон исключенного третьего в *интуитивизме* и *конструктивной математике* не применяется.

закон Куло́на / Coulomb law // Coulomb-Gesetz n : один из основных законов *электростатики*, согласно которому сила взаимодействия F между двумя *точечными зарядами* q_1 и q_2 в вакууме пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними: $F = k q_1 q_2 / r^2$. (Точечными зарядами называются электрически заряженные тела, размеры которых малы по сравнению с расстоянием между ними). Коэффициент k зависит от выбора системы единиц: в *гауссовой системе* $k = 1$, в СИ $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$, где ϵ_0 — *электрическая постоянная*. Закон установлен в 1785 г. французским физиком Ш. Кулоном (Charles Augustin Coulomb, 1736–1806) с помощью изобретенных им *крутильных весов*; ранее в 70-х годах 18-го века этот закон был открыт английским ученым Г. Кэвендишем (Henry Cavendish, 1731–1810), но его труды были опубликованы лишь в 1879 г.

закóнность / validity, legitimacy // Rechtmäßigkeit f : в математике — допустимость применения какой-либо операции, например, «законность почленного дифференцирования степенного ряда». В физике — допустимость какого-либо предположения, например, «законность рассмотрения молекул как материальных точек».

закóн Óма / Ohm law // Ohmsches Gesetz: устанавливает прямо пропорциональную зависимость между *силой тока* I в проводнике и разностью потенциалов (*напряжением*) U между двумя фиксированными точками (поперечными сечениями) этого проводника: $U = RI$. Коэффициент пропорциональности R называется электрическим сопротивлением проводника и зависит от его геометрических размеров и электрических свойств материала проводника. Закон открыт в 1826 г. немецким физиком Г. Омом (Georg Simon Ohm, 1789–1854).

закóн отражéния / law of reflection // Reflexionsgesetz n : один из законов *геометрической оптики*, согласно которому при зеркальном отражении света от поверхности или границы раздела двух сред отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к отражающей поверхности (границе раздела) и образует с этой нормалью такой же угол, как и падающий луч (угол отражения равен углу падения).

закóн Паска́ля / Pascal law // Pascalsches Gesetz: закон *гидростатики*, согласно которому *давление*, производимое внешними силами на поверхность жидкости, передается жидкостью одинаково по всем направлениям. Установлен в 1663 г. французским ученым Б. Паскалем.

закóн преломлéния / refraction law, Snell law // Brechungsgesetz n : один из законов *геометрической оптики*, согласно которому при прохождении света через границу раздела двух однородных прозрачных сред преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к границе; при этом угол падения φ_1 и угол преломления φ_2 связаны соотношением $n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$, где n_1 и n_2 — показатели преломления граничащих сред. Установлен голландским ученым В. Снеллом (Willebrord van Rogen Snell, 1580–1626) в 1620 г. и независимо от него французским ученым Р. Декартом в 1627 г.

закóн радиоактíвного распáда / law of radioactive decay // Gesetz des radioaktiven Zerfalls: число радиоактивных *атомных ядер* в образце уменьшается со временем по экспоненциальному закону. Промежуток времени, в течение которого число радиоактивных ядер уменьшается вдвое, называется *периодом полураспада* (см. также *время жизни* радиоактивных ядер).

закóн сложéния скоростéй / law of velocity composition // Additionstheorem der Geschwindigkeiten: преобразование скорости *материальной точки* при переходе от одной *системы отсчета* к другой. В классической

физике это преобразование скорости вытекает из *преобразований Галилея* и сводится к векторному сложению относительной скорости $\vec{v}'$ частицы и переносной скорости $\vec{V}$ (скорости одной системы отсчета относительно другой): $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$. В частности, если направления относительной и переносной скоростей совпадают, т.е. частица движется со скоростью v' вдоль направления $\vec{V}$, то $v = v' + V$. В релятивистской физике (в *теории относительности*) преобразования Галилея заменяются *преобразованиями Лоренца*, из которых вытекает релятивистский закон сложения скоростей, согласующийся с постулатом теории относительности о предельном характере скорости света в вакууме. При этом преобразование скорости уже не сводится к векторному сложению скоростей. В частности, если частица в некоторой системе отсчета движется со скоростью v' вдоль направления движения этой системы относительно другой системы отсчета, то в последней системе скорость этой частицы v находится по формуле $v = \frac{v' + V}{1 + v'V/c^2}$.

закон сохранения энергии / energy conservation law, law of conservation of energy // Energieerhaltungssatz *m*: фундаментальный закон природы, подтверждающийся всей совокупностью опытных данных и заключающийся в том, что полная *энергия* изолированной (замкнутой) физической системы с течением времени остается неизменной. Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одной формы в другую. В различных разделах физики закон сохранения энергии по историческим причинам формулируется по-разному. Например, в *классической механике* это закон сохранения механической энергии, которая определяется как сумма кинетической и потенциальной энергии. Системы, в которых механическая энергия сохраняется, называются консервативными. Для этого в них должны отсутствовать диссипативные силы (силы трения). В *термодинамике* закон сохранения энергии выражается в виде *первого начала термодинамики*. Закон сохранения энергии связан с однородностью времени, заключающейся в неизменности физических законов с течением времени. Поэтому закон сохранения энергии универсален, то есть присущ системам самой разной физической природы. Закон сохранения энергии для любой конкретной системы можно рассматривать как следствие законов динамики, специфических для систем разной физической природы (механических, электромагнитных, термодинамических и т.п.). С математической точки зрения закон сохранения энергии эквивалентен утверждению, что система *дифференциальных уравнений*, описывающая динамику данной физической системы, обладает первым интегралом движения, связанным с симметрией (неизменностью, инвариантностью) уравнений относительно сдвига во времени.

закон Шарля / Charles law // Charles-Gesetz *n*: один из основных

газовых законов, согласно которому при постоянном объеме *давление* p данной *массы* газа меняется линейно с *температурой* t : $p = p_0(1 + \alpha t)$. Здесь p_0 — давление газа при температуре 0°C , $\alpha = (1/273,15)\text{K}^{-1}$ — коэффициент теплового расширения. Закон Шарля строго справедлив только для *идеального газа*; для реальных газов этот закон выполняется тем точнее, тем дальше от *критического состояния* находится газ. Открыт в 1787 г. французским ученым Ж. Шарлем (Jacque Charles, 1746–1823).

законы Кирхгофа, правила Кирхгофа / Kirchhoff laws // Kirchhoffsche Regeln: устанавливают соотношения для *токов* и *напряжений* в разветвленных *электрических цепях* постоянного или квазистационарного тока. Сформулированы в 1847 г. немецким физиком Г. Кирхгофом. 1-е правило вытекает из *закона сохранения* заряда и состоит в том, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в точке разветвления проводников (узле разветвленной цепи) равна нулю. 2-е правило получается в результате применения *закона Ома* к отдельным участкам замкнутой цепи: в любом замкнутом контуре, который можно выделить мысленно в сложной цепи, сумма падений напряжений на отдельных участках контура равна алгебраической сумме эдс в этом контуре. Правила Кирхгофа позволяют рассчитывать сложные электрические цепи, например, определять силы и направления токов в любой части разветвленной цепи, если известны сопротивления и эдс всех его участков.

законы классической механики: то же, что *законы Ньютона*.

законы Ньютона / Newton laws // Newtonsche Gesetze: три закона, лежащие в основе *классической механики* (механики Ньютона) и описывающие движение материальных тел при скоростях, малых относительно *скорости света*. 1-й закон: всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока какое-либо другое тело (или поле) не выведет его из этого состояния. 2-й закон: сила $\vec{F}$, действующая на тело массы m , сообщает ему ускорение $\vec{a}$, причем $\vec{F} = m\vec{a}$. 3-й закон: если тело A действует на тело B с силой $\vec{F}$, то тело B действует на тело A с силой $-\vec{F}$. В приведенных формулировках под телом следует понимать материальную точку, а под движением — движение относительно инерциальной системы отсчета. Эти законы сформулированы И. Ньютоном в 1687 г. в его труде «Математические основы естествознания.»

законы сохранения / conservation laws // Erhaltungssatzen m : физические закономерности, согласно которым численные значения некоторых физических величин остаются неизменными при происходящих в системе изменениях. Полное описание физической системы возможно лишь на основе динамических законов, определяющих изменение системы с течением времени. Но во многих случаях динамические законы неизвестны или слишком сложны.

В таких случаях законы сохранения позволяют сделать некоторые заключения о поведении системы. Важнейшими и наиболее общими законами сохранения являются законы сохранения массы, энергии, импульса, момента импульса, электрического заряда. Законы сохранения тесно связаны со свойствами симметрии физической системы. Например, сохранение энергии связано с однородностью времени, сохранение импульса и момента импульса связано с однородностью и изотропностью пространства.

законы термодинамики, начала термодинамики / laws of thermodynamics // Hauptsatz der Wärmelehre: универсальные закономерности и соотношения между физическими величинами, справедливые независимо от конкретной природы тел, образующих *термодинамическую систему*.

1-й закон термодинамики представляет собой *закон сохранения энергии* для систем, в которых важную роль играют тепловые процессы. Этот закон устанавливает эквивалентность различных видов энергии при их взаимных превращениях: изменение *внутренней энергии* системы ΔU при переходе системы из одного состояния в другое равно сумме совершенной над системой работы A внешних сил и переданного ей количества *теплоты* Q : $\Delta U = A + Q$. Энергетическая эквивалентность теплоты и работы была в 1842 г. доказана Ю. Майером (Julius Robert von Mayer, 1814–1878) и в 1843 г. Дж. Джоулем (James Prescott Joule, 1818–1889).

2-й закон термодинамики устанавливает качественную неравноценность различных видов энергии в смысле способности к превращению в другие виды. В частном виде, как теорема о максимальном *кпд* тепловых двигателей (*теорема Карно*), был установлен французским ученым С. Карно (Sadi Carnot, 1796–1832) в 1824 г. Существует несколько эквивалентных формулировок 2-го закона: согласно Р. Клаузиусу (Rudolf Clausius, 1822–1888), невозможен процесс, единственным результатом которого был бы переход теплоты от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой (1850 г.); согласно У. Томсону, невозможно построить периодически действующую тепловую машину, которая совершала бы работу только за счет теплоты, получаемой от горячего теплового резервуара, не передавая теплоты более холодному резервуару (1851 г.).

3-й закон термодинамики, согласно которому *энтропия* любого тела стремится к нулю по мере приближения температуры к *абсолютному нулю*, установлен В. Нернстом (Walther Hermann Nernst, 1864–1941) в 1906 г.

законы Фарадея / Faraday laws // Faradaysche Gesetze: законы теории электричества, открытые М. Фарадеем. 1) Закон *электромагнитной индукции* (1831 г.): эдс индукции E_i в контуре прямо пропорциональна скорости изменения со временем *магнитного потока* Φ через поверхность S , ограниченную контуром: $E_i = -k d\Phi/dt$, где $k = 1$ в СИ и $k = 1/c$ в

системе СГС. Знак минус определяет направление *индукционного тока* в соответствии с *правилом Ленца*. 2) Законы *электролиза* (1833–34 гг.): а) 1-й закон: масса m выделившегося на *аноде* вещества пропорциональна времени t прохождения через электролит тока и *силе тока* I : $m = kIt$, где коэффициент пропорциональности называется электрохимическим эквивалентом данного вещества; б) 2-й закон устанавливает связь электрохимического эквивалента с химическим эквивалентом $A = \mu/n$, где μ — *молярная* (или атомная) масса, n — заряд *иона* (в единицах элементарного заряда e): $k = A/F$. Здесь F — постоянная Фарадея, численно равная заряду, который должен пройти через электролит, чтобы на электроде выделилась масса вещества, численно равная k : $F = eN_A = 96500$ Кл/моль; N_A — *постоянная Авогадро*.

закруглѐние / curving, curve, rounding // Abrundung f : округлая форма участка поверхности или кривой.

замедлѐние / deceleration, retarding, retardation, slowing down // Verlangsamung f , Verzögerung f , Nacheilung f : уменьшение скорости. «Замедление нейтронов» / moderation of neutrons // Neutronenbremsung f .

замѐна / substitution, replacement, change, replacing // Ersetzen n , Ersatz m , Substitution f : операция, при которой на место одного объекта ставится другой, причѐм первый объект удаляется. «Замена A на B » / change A for B // Ersatz A durch B .

замѐна переменных / change of variables // Substitution der Variablen, Variablentransformation f : переход от одних переменных к другим, связанным с исходными переменными заданной функциональной зависимостью. Применяется обычно для упрощения формул. Например, для вычисления интеграла $I = \int 2x \cos(x^2) dx$ полезно сделать замену переменной $t = x^2$, тогда $I = \int \cos t dt = \sin t + C = \sin(x^2) + C$.

замѐтка / mark, note, notice // Notiz f , Aufzeichnung f : краткое сообщение.

замечѐние / comment, remark, observation // Bemerkung f : в научных и литературных текстах — краткий вспомогательный текст, носящий характер дополнения или пояснения.

замечѐтельный / remarkable, wonderful, splendid // wunderbar, ausgezeichnet, vortrefflich, hervorragend: выдающийся, превосходный, отличный.

замкнутая кривѐя / closed curve, contour, closed contour, loop // geschlossene Kurve: кривая называется замкнутой, если её начало и конец совпадают. Это означает, что если *декартовы координаты* точек кривой заданы параметрически при помощи *непрерывных функций* $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$, $a \leq t \leq b$, то $x(a) = x(b)$, $y(a) = y(b)$, $z(a) = z(b)$.

замкнутая ѐбласть / closed domain // Bereich m , abgeschlossenes Gebiet: объединение *области* и её *границы*, например, замкнутый круг $(x - a)^2 + (y - b)^2 \leq R^2$.



Рис. 49: Замкнутая кривая

за́мкнутая систе́ма / closed system, isolated system // abgeschlossenes System, isoliertes System: в физике: система, не взаимодействующая с окружающими телами (изолированная от окружающего пространства).

за́мкнутое мно́жество / closed set // abgeschlossene Menge: множество в *топологическом пространстве*, которое содержит все свои *предельные точки*. В частности, замкнутая область — это *область*, к которой присоединили её *границу*.

за́мкнутый опера́тор / closed operator // abgeschlossener Operator: пусть X и Y — банаховы пространства, A — линейный оператор, действующий из X в Y , и $D(A)$ — область определения A . Оператор A называется замкнутым, если для любой последовательности $\{x_n\} \subset D(A)$ такой, что $x_n \rightarrow x \in X$ и $Ax_n \rightarrow y \in Y$ при $n \rightarrow \infty$, выполняются условия: $x \in D(A)$ и $Ax = y$. Всякий *ограниченный оператор* замкнут, но не всякий замкнутый оператор ограничен. Замкнутый оператор, определённый на всём пространстве, ограничен.

замы́кание / closing, closure, completion // Schluss m , Abschließung f : в математике — присоединение к *множеству* дополнительных элементов для того, чтобы расширенное множество было *замкнутым множеством*; замыкание *оператора* состоит в расширении его области определения таким образом, чтобы получился *замкнутый оператор*.

В физике — замыкание цепи электрического тока означает соединение проводящих частей цепи таким образом, чтобы по цепи мог идти ток. «Короткое замыкание» (short circuit // Kurzschluss m) — термин, означающий такое соединение источников тока и проводящих частей, при котором возникает чрезмерно большой ток (за счёт слишком малого сопротивления). Обычно короткое замыкание вызывает разрушение цепи.

занумеро́ванный / numbered, indexed // numeriert: имеющий номер.

запа́здывание / delay, lag, retardation // Verspätung f : задержка, замедление.

запа́здывающий / retarded, lagging // retardiert: приходящий позже ожидаемого времени, опаздывающий. «Запаздывающий потенциал» / retarded potential // retardiertes Potential.

запа́с / store, supply, stock, reserve // Vorrat m , Reserve f : совокупность (однородных) предметов, собранных и хранимых для предполагаемого в

будущем употребления.

запирающий слой / barrier layer // Sperrschicht *f*: область в *полупроводнике* вблизи контакта с металлом или с полупроводником другого типа проводимости, обеднённая основными носителями тока.

запись 1 / record, writing // Niederschreiben *n*, Aufnahme *f*: информация, записанная на какой-нибудь носитель — бумагу, магнитную ленту, компакт-диск, память компьютера. «Магнитная звукозапись» / tape record // Tonbandaufnahme *f*.

запись 2 / listing, record, entry, registration // Niederschreibung *f*, Einschreibung *f*, Eintragung *f*: процедура внесения в список.

заполнение / filling, completing // Anfüllung *f*, Ausfüllung *f*: полное (или частичное) занятие чем-либо определённой области пространства; заполнение анкеты — вписывание ответов на вопросы анкеты.

заполнение уровней / level occupation // Niveaubesetzung *f*: распределение *электронов* по уровням энергии *стационарных состояний* в атоме или иной квантовой системе.

запрёт / prohibition, veto // Verbot *n*: запрещение, отсутствие разрешения, вето.

запрещённая зона, энергетическая щель / forbidden band, forbidden zone // verbotenes Band, verbotene Zone: область значений энергии, в пределах которой нет *энергетических уровней* для *электронов* в идеальном *кристалле*. У *полупроводников* и *диэлектриков* под запрещённой зоной обычно понимают интервал энергий между верхним уровнем (потолком) валентной зоны и нижним уровнем (дном) зоны проводимости.

запутанность / complexity, intricacy // Kompliziertheit *f*: сложность, непонятность (какого-либо вопроса).

запятая / comma, decimal point // Komma *n*: орфографический знак. При записи чисел запятая употребляется: в континентальной Европе — для разделения целой и дробной частей *десятичной дроби*, в Англии и США — для отделения десятичных разрядов (по три) в целых числах, например, число 29 174 058, 317 записывается в США в виде 29, 174, 058 . 317 .

заряд / charge // Ladung *f*: см. *электрический заряд*.

зарядка / charging // Ladung *f*: зарядка конденсатора, зарядка аккумулятора — процесс накопления энергии с целью ее использования в дальнейшем.

зарядное устройство / charging unit, charger, battery charging set // Ladegerät *n*: электрический аппарат для зарядки аккумуляторов.

заседание / meeting, session, conference, sitting // Sitzung *f*, Versammlung *f*: собрание, официальная встреча, обычно посвящённая одному или нескольким вопросам.

затвердевание / hardening, solidification, freezing // Verhärtung *f*: переход из жидкого состояния в твёрдое.

затмѐние / eclipse // Finsternis *f*: астрономическое явление, при котором Луна заслоняет от земного наблюдателя Солнце (солнечное затмение) или Земля накрывает Луну тенью (лунное затмение).

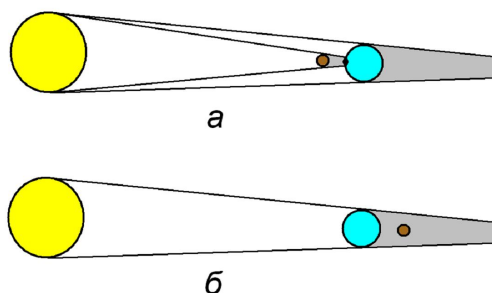


Рис. 50: Затмения: а - солнечное, б - лунное

затухáние / damping, decay, attenuation // Dämpfung *f*, Schwächung *f*: ослабление интенсивности процесса с течением времени. «Замирание» (радиосигнала) / fading // Schwund *m*, Fading *n*.

затухáющее колебáние / damped oscillation // dämpfte Schwingung: колебание, *амплитуда* которого уменьшается с течением времени вследствие потери *энергии* колебательной системой.

защíта / defence, protection, cover // Schutz *m*, Verteidigung *f*: оборона, совокупность мероприятий, затрудняющих нежелательные действия; создание препятствий против нежелательных действий.

звездá 1 / star // Stern *m*: в астрономии — самосветящееся небесное тело большого размера (от десятков тысяч до сотен миллионов километров в поперечнике), излучающее *электромагнитные волны* и *элементарные частицы*. В большинстве случаев звезда представляет собой шар, состоящий из раскалённых газов; температура в центре звёзд достигает десятков миллионов градусов. *Солнце* является одной из звёзд; всего на небе невооруженным глазом видно около 5 тысяч звёзд. Ввиду огромной удалённости от Земли, звёзды (за исключением Солнца) кажутся земному наблюдателю светящимися точками. Расстояние от Земли до Солнца составляет 149 480 000 км, а от Солнца до ближайшей звезды — в 270 тысяч раз больше. Современными средствами могут быть сфотографированы свыше 1 миллиарда звёзд, значительная часть которых сосредоточена в Млечном Пути (см. *галактика*). См. также *нейтронные звёзды*; *белый карлик*; *квазар*).

звездá 2 / star // Stern *m*: в математике: плоская ограниченная *область*, имеющая внутри себя (хотя бы одну) такую точку, которую можно соединить с любой точкой области отрезком, лежащим внутри

области.

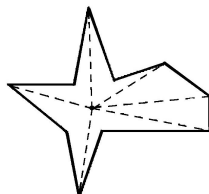


Рис. 51: Звезда

звездообразный / star-shaped // sternförmig: имеющий форму звезды.

звенó / link, component // Kettenglied *n*: звено *ломаной линии* — один из отрезков, составляющих ломаную.

звук / sound, tone // Ton *m*, Klang *m*, Schall *m*: распространяющиеся в *упругих* средах — газах, жидкостях и твёрдых телах — механические *колебания*, воспринимаемые ухом. Скорость распространения звуковых *волн* в воздухе при нормальных условиях около 330 м/с, в жидкостях и твёрдых телах скорость в несколько раз выше. Диапазон воспринимаемых человеческим ухом частот примерно от 20 *герц* до 20 килогерц. См. также *инфразвук* и *ультразвук*.

звуко́е давлéние / sound pressure // Schalldruck *m*: переменная часть *давления*, возникающая при распространении в среде звуковой *волны*. Уровень звукового давления *N* — выраженное в децибелах отношение данного звукового давления *p* к пороговому значению $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па: $N = 20 \lg(p/p_0)$.

звуко́е по́ле / sound field // Schallfeld *n*: область пространства, в которой распространяются звуковые *волны*, т.е. происходят акустические колебания частиц *упругой среды* (твёрдой, жидкой или газообразной).

Зéеман-эффе́кт: см. *эффект Зеемана*.

землетрясе́ние / earthquake // Erdbeben *n*: сотрясение *земной коры*, возникающее в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре и более глубоких зонах Земли и передающееся на большие расстояния в виде упругих колебаний. Участок в недрах земной коры, из которого исходят волны землетрясения, называется гипоцентром, или очагом землетрясения, а лежащий над ним участок земной поверхности — эпицентром землетрясения. Сила землетрясений оценивается по шкале Ч. Рихтера (Charles Francis Richter, 1900–1985). Шкала Рихтера содержит условные единицы (от 1 до 9) —Ц магнитуды, которые вычисляются по колебаниям, регистрируемых *сейсмографом*. Для изучения землетрясений создаются сейсмические станции.

земля́ / earth // Erde *f*: почва, грунт.

Земля́ / Earth // Erde *f*: 3-я планета Солнечной системы. Диаметр: 12 714 км (от южного до северного полюса), 12 756 км (экваториальный); масса $5,98 \cdot 10^{24}$ тонн; расстояние от Солнца 147,1 млн км (минимальное), 152,1 млн км (максимальное). «Земной шар» / globe // Erdkugel *f*.

зе́нит / zenith // Zenit *m*: точка небесной сферы, в которой вертикальная линия пересекает эту сферу над головой наблюдателя.

зе́ркало / mirror, looking-glass // Spiegel *m*: гладкая отражающая поверхность.

зерка́льное отраже́ние / specular reflection, mirror reflection // Spiegel-reflexion *f*: в геометрии — *симметрия* относительно плоскости. См. также *отражение (3)*.

знак 1 / sign, symbol // Zeichen *n*, Symbol *n*: обозначение операции, например, знак сложения $+$, знак корня $\sqrt{}$.

знак 2 / sign // Vorzeichen *n*: знак числа, плюс $+$ или минус $-$.

знак 3 / digit // Ziffer *f*: одна из цифр в десятичной записи числа, *десятичный знак* числа.

зна́ковая фу́нкция, сигнум-функция / signum function, sign function // Signumfunktion *f*, Vorzeichenfunktion *f*: функция $y = \text{sign}(x)$ (или $\text{sgn}(x)$), определяемая формулами: $y = -1$ при $x < 0$, $y = 0$ при $x = 0$, $y = 1$ при $x > 0$.

знакоопределённость / definitness, property of having fixed sign // Definitheit *f*: свойство действительной функции сохранять знак, т.е. принимать только положительные или только отрицательные значения.

знакоопределённый / of fixed sign, (positive or negative) definite // definit (positiv oder negativ): принимающий только положительные или только отрицательные значения, например, *квадратичная форма* $x^2 + xy + y^2$ является положительно определённой, так как она положительна при любых действительных значениях x и y .

знакопереда́ющий ряд / alternating series // alternierende Reihe: *числовой ряд* вида $b_1 - b_2 + b_3 - b_4 + \dots$, где $b_k > 0$, $k = 1, 2, 3, \dots$. Признак *Лейбница* сходимости знакопередающего ряда: Если последовательность чисел $b_1, b_2, \dots$ монотонно убывающая и $b_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, то ряд сходится; при этом остаток ряда $r_n = (-1)^{n-1}b_n + (-1)^nb_{n+1} + \dots$ по модулю меньше b_n , т.е. $|r_n| < b_n$.

знаме́натель / denominator // Nenner *m*: см. *дробь*, см. также *общий знаменатель*.

зна́чащая ци́фра / significant digit, significant figure // bedeutsame Ziffer: термин, относящийся к приближённому заданию *действительного числа*. Пусть для числа x получено приближённое представление десятичной дробью $x \approx x^* = \alpha_n \dots \alpha_1 \alpha_0, \alpha_{-1} \alpha_{-2} \dots \alpha_{-m}$, и пусть при этом α_s — первая

ненулевая цифра, считая слева. Тогда α_s и все последующие цифры называются значащими цифрами приближённого числа x^* . Говорят, что значащая цифра α_t — верная цифра (valid figure // zuverlässige Ziffer, gültige Ziffer), если абсолютная погрешность $\Delta(x^*)$ числа x , то есть величина $|x - x^*|$, удовлетворяет неравенству $\Delta(x^*) \leq \frac{1}{2}10^t$. Обычно при приближённом задании числа указывают только верные значащие цифры.

значéние 1 / value // Wert m : значение *функции* — число, которое функция сопоставляет соответствующему значению *аргумента*. Вообще, значение какой-либо величины — числовое выражение этой величины.

значéние 2 / meaning, sense // Sinn m , Bedeutung f : значение слова, термина — смысл, сущность этого слова или термина.

значéние 3 / significance, value // Bedeutung f , Wichtigkeit f , Wert m : важность, ценность, значимость какого-либо объекта, например, значение для медицины открытия рентгеновских лучей.

зóлото / gold // Gold n : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Au, номер 79).

золотóе сечéние / golden section // goldener Schnitt: деление отрезка AB точкой C таким образом, что $|AB| : |AC| = |AC| : |CB|$. Координата x точки C золотого сечения отрезка $[0, a]$ на оси Ox удовлетворяет, очевидно, уравнению $\frac{a}{x} = \frac{x}{a-x}$, или $x^2 + ax - a^2 = 0$, откуда $x = a \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0,618a$. «Принцип золотого сечения» в прошлом широко применялся в изобразительном искусстве и архитектуре — считалось, что данное соотношение $a : x$ эстетически наиболее совершенно.

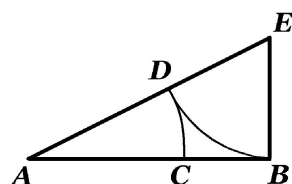


Рис. 52: Золотое сечение

зóна / zone, band // Zone f , Band n , Bereich m : полоса, область, выделенная по какому-либо признаку, например, зона тени (в оптике), зона *проводимости* (в теории электричества).

зóна проводíмости / conduction band // Leitungsband n : в *полупроводниках* и *диэлектриках* — самая нижняя из разрешенных энергетических зон для электрона в идеальном *кристалле*, в которой при нулевой температуре (в основном состоянии) отсутствуют электроны. При увеличении температуры в полупроводнике в зоне проводимости вблизи ее дна появляются электроны,

которые под действием внешнего электрического поля могут приходить в движение («свободные» электроны) и переносить электрический заряд, становясь носителями тока (равновесные носители). Свободные электроны могут появляться в зоне проводимости также в результате поглощения падающего на кристалл света (неравновесные носители тока).

зонд / probe; sound, sonde // Sonde *f*: акустический зонд (acoustic probe, sound probe, probe microphone // Schallsonde *f*): устройство для измерения *звукового давления* в заданной точке звукового поля; электрический зонд (electric probe // elektrische Sonde): электрод, вводимый в среду для определения характеристик *электрического поля, заряда и тока* в различных точках пространства; космический зонд (space probe // Raumsonde *f*): беспилотный автоматический космический аппарат с приборами для исследования удаленных небесных объектов.

зондирование / sounding, probing // Sondierung *f*: предварительное исследование, разведка.

зона Френеля / Fresnel zone // Fresnel-Bereich *m*: участки, на которые разбивают поверхность *S* фронта световой волны для упрощения вычислений в задачах о *дифракции* волн, при решении таких задач на основе принципа Гюйгенса–Френеля. Световое колебание в некоторой точке наблюдения *P* можно рассматривать как результат *интерференции* вторичных волн, приходящих в эту точку от каждой зоны Френеля в отдельности, учитывая при этом, что амплитуда колебаний от каждой зоны Френеля убывает с увеличением её номера, а фазы колебаний от соседних зон противоположны. Поэтому волны, приходящие в точку наблюдения от двух смежных зон, ослабляют друг друга: амплитуда результирующего колебания меньше, чем амплитуда только от одной зоны.

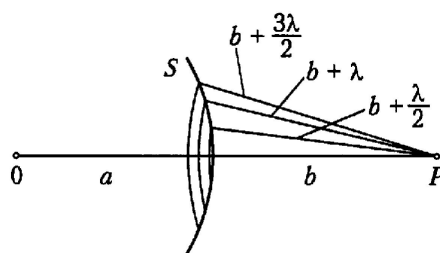


Рис. 53: Зоны Френеля

зрение / vision, eyesight // Sehvermögen *n*, Sehkraft *f*: способность видеть, см. также *точка зрения*.

зрительная труба, подзорная труба / (terrestrial) telescope // Fer-

прибор n , Teleskop n : оптический прибор для визуального наблюдения за удаленными предметами. Оптическая система трубы состоит из двух собирающих линз — объектива и окуляра.

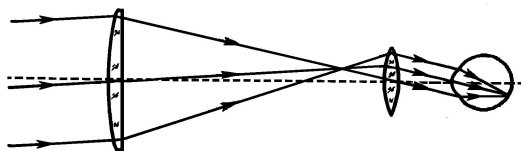


Рис. 54: Зрительная труба

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

И

игра́ / game // Spiel *n*: в математике — математическая модель принятия оптимальных решений в условиях конфликтов, см. *теория игр*.

игра́ пресле́дования / game of pursuit // Verfolgungsspiel *n*: см. *преследование*.

игра́льная ко́сть / die // Würfel *m*: однородный кубик, грани которого занумерованы числами от 1 до 6; вместо цифр обычно употребляются точки (в соответствующем количестве).

игро́к / player // Spieler *m*: участник *игры*, т.е. индивидуально действующее и заинтересованное начало в игре.

идеа́льная жидко́сть / perfect liquid, ideal liquid // ideale Flüssigkeit: в физике — модель реальной *жидкости*, в которой считается, что жидкость несжимаема, имеет всюду одинаковую *плотность*, а внутреннее *трение* и *теплопроводность* отсутствуют. Такая идеализация допустима во многих задачах *гидромеханики* и дает хорошее описание реальных течений жидкостей и газов на достаточном удалении от омываемых твердых поверхностей и поверхностей раздела с неподвижной средой.

идеа́льный га́з / ideal gas // ideales Gas: в *статистической физике* — простейшая модель реального *газа*, в которой пренебрегают линейными размерами молекул и считают, что молекулы движутся по законам *классической механики* и взаимодействуют между собой только во время столкновений, которые носят характер *упругого удара*.

избы́ток / excess // Überfluss *m*: излишек, превышение. При приближённом представлении чисел: «приближение с избытком» (approximate value by excess // Näherungswert mit positivem Fehler) означает приближённое значение x^* числа x , большее, чем само число x , т.е. $x^* \approx x$, $x^* > x$. См. также *недостаток*.

извлека́ть ко́рень / extract a root // eine Wurzel ziehen, radizieren: вычислять *корень* (из какого-либо числа).

изги́б / bend, curve, flexion // Biegung *f*: искривление, т.е. изменение прямолинейной формы на искривлённую, один из видов *деформации*. Примером может служить изгиб балки при поперечной нагрузке. На выпуклой стороне материал находится в растянутом состоянии, на вогнутой — в сжатом.

изда́ние 1) publication // Herausgabe *f*: процесс подготовки и печатания книги, журнала и т.п. 2) edition // Ausgabe *f*: изданная книга (журнал).

издатель / publisher, editor // Verleger *m*, Herausgeber *m*: человек или организация (фирма), занимающиеся изданием печатной продукции.

издательство / publisher(s), publishing house // Verlag *m*: организация, фирма, издающие печатную продукцию.

излучатель / emitter, radiator // Strahler *m*, Radiator *m*: источник излучения — тепла, света, звука, радиоволн, потока частиц.

излучение / radiation, emanation, emission // Strahlung *f*: испускание волн или потока частиц, радиация. Термин «излучение» используется также для обозначения самого свободного (излученного) электромагнитного поля.

измельчение / refinement // Zerkleinerung *f*: разбиение на мелкие части, например, измельчение сетки при численном решении дифференциальных уравнений.

изменение / change, variation, alteration, modification // Änderung *f*, Veränderung *f*, Modifikation *f*: 1) вариация, модификация, смена одного качества объекта другим, например, изменение направления выпуклости кривой при прохождении точки перегиба; 2) разница между новым и исходным состоянием обсуждаемого объекта, то же, что *приращение*.

изменённый / changed, modified, altered, transformed // verändert, modifiziert: подвергнутый *изменению*, отличающийся от исходного, модифицированный.

измерение 1 / measurement // Messung *f*, Ausmessung *f*, Messen *n*: действие, состоящее в получении числовой информации о значении *физической величины* (например, длины или температуры), путём сравнения измеряемого объекта с *эталоном*.

измерение 2 / dimension // Dimension *f*: единица *размерности* пространства: множество точек на прямой имеет одно измерение, плоская фигура — два измерения, пространственное (объемное) тело — три измерения.

измеримость / measurability // Meßbarkeit *f*: в математике — свойство множества или функции быть *измеримыми*.

измеримый / measurable // messbar: в математике: а) *множество* называется измеримым по Жордану (по Лебегу), если существует его *мера Жордана* (соответственно, *мера Лебега*); б) Действительная функция $f(x)$ называется измеримой, если для любого $a \in (-\infty, +\infty)$ измеримо множество точек таких, что $f(x) < a$. Для всякой ограниченной измеримой функции *интеграл Лебега* по ограниченному промежутку существует. Всякая измеримая функция на отрезке $[a, b]$ может быть сделана *непрерывной* на этом отрезке путём изменения её значений на множестве сколь угодно малой меры.

измерительный прибор / instrument, meter // Messgerät *n*: средство измерений, позволяющее отсчитывать значения измеряемой величины. В аналоговых измерительных приборах отсчет производится по шкале, в

цифровых — непосредственно по отсчётному устройству.

изобáра / isobar, isobaric line // Isobare *f*, Isobarenlinie *f*: линия на термодинамической диаграмме состояния системы, изображающая процесс, происходящий при постоянном давлении (*изобарический процесс*).

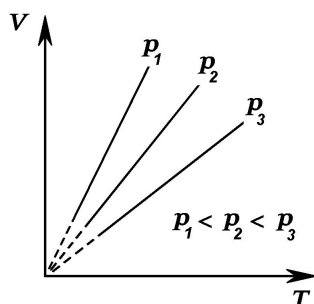


Рис. 55: Изобары идеального газа

изобарический процесс, изобарный процесс / isobaric process // isobarer Prozess, Isobarenprozess *m*: процесс, протекающий в физической системе при постоянном внешнем давлении. Примеры: нагревание воды в открытом сосуде, расширение газа при нагревании в цилиндре со свободно ходящим поршнем. В случае изобарного процесса с *идеальным газом* объем пропорционален температуре (*закон Гей-Люссака*).

изобáры / isobars // Isobaren *pl*, Kernisobaren *pl*: *атомные ядра* с одинаковым числом *нуклонов* (т.е. с одинаковым массовым числом), но разными числами *протонов* и *нейтронов*, т.е. с различными зарядами и порядковыми номерами в *периодической системе химических элементов*. Например, радий-88, актиний-89 и торий-90 являются изобарами с массовым числом 228.

изображение / image, representation, picture // Bild *n*, Abbildung *f*: рисунок, чертёж, видимое представление данного предмета; в *оптической системе* (микроскоп, телескоп, фотоаппарат) — совокупность точек *фокусировки* лучей света, исходящих от рассматриваемого предмета. Действительное изображение получается при пересечении самих лучей, идущих от предмета; мнимое изображение — при пересечении продолжений лучей в сторону, противоположную направлению распространения света.

изобретение / invention // Erfindung *f*: то новое, что создаёт изобретатель.

изоли́рованная то́чка / isolated point // isolierter Punkt: точка точечного *множества*, в достаточно малой окрестности которой нет других точек этого множества, называется изолированной точкой данного множества. Пример: на числовой оси *Ox* в множестве, состоящем из точки $x = 0$ и точек вида $x = 1/n$, $n = 1, 2, 3, \dots$, все точки, кроме $x = 0$, изолированные.

изолятор / insulator // Isolator *m*: *диэлектрик*, т.е. вещество, не проводящее *электрический ток*, а также техническое устройство для изоляции проводников, находящихся под напряжением.

изомеры / isomers // Isomere *pl*: в химии — молекулы, обладающие одинаковой *молекулярной массой* и составом, но различающиеся по строению или расположению *атомов* в пространстве, и поэтому различные по химическим и физическим свойствам; в ядерной физике — одинаковые радиоактивные *изотопы* данного элемента, имеющие разные (относительно большие) *периоды полураспада*, например, ^{80}Br , ^{234}Pa , ^{236}Np . Различие времен жизни изомеров связано с существованием у них разных *метастабильных состояний*.

изометрический оператор / isometric operator // isometrischer Operator, metriktreuer Operator: линейный *оператор* A , действующий из *банахова пространства* X в банахово пространство Y , называется изометрическим, если он сохраняет норму: $\|Ax\|_Y = \|x\|_X$ для любого $x \in X$. Изометрический оператор A , отображающий X на всё Y , называется унитарным оператором. В *гильбертовом пространстве* линейный оператор U является унитарным, если его *сопряжённый оператор* совпадает с его обратным: $U^* = U^{-1}$.

изоморфизм, изоморфное отображение / isomorphism // Isomorphismus *m*: в математике — соответствие между объектами или системами объектов, выражающее в некотором смысле тождество их строения. Примером изоморфизма может служить отображение множества $\mathbf{R}$ всех *действительных чисел* (с определённой на $\mathbf{R}$ операцией сложения) на множество $\mathbf{R}^+$ всех положительных чисел (с определённой на $\mathbf{R}^+$ операцией умножения), заданное показательной функцией: $x \rightarrow y = 2^x$, $x \in \mathbf{R}$, $y \in \mathbf{R}^+$. Изоморфное отображение объекта A на этот же объект A называется автоморфизмом.

В теории *линейных пространств* изоморфизм пространств X и Y понимается как *взаимно однозначное соответствие* $X \leftrightarrow Y$, сохраняющее линейные операции — сложение элементов и их умножение на число: если $x_i \in X$, $y_i \in Y$, $x_i \leftrightarrow y_i$ ($i = 1, 2$), то $\alpha x_1 + \beta x_2 \leftrightarrow \alpha y_1 + \beta y_2$, где α и β — произвольные числа. В теории *групп* изоморфизм понимается как взаимно однозначное соответствие элементов одной группы элементам другой группы, при котором произведение в одной группе соответствует произведению в другой группе, см. *гомоморфизм*.

изоморфный / isomorphic // isomorph: говорят, что объекты A и B изоморфны (друг другу), если существует *изоморфизм* между A и B . Два конечномерных *линейных пространства* изоморфны в том и только том случае, когда их размерности одинаковы.

изопериметрическая задача / isoperimetric problem // isoperimetrisches Problem, Problem der Dido: задача *вариационного исчисления*: найти экстремум

функционала $J[y]$ в классе функций, удовлетворяющих граничным условиям, причём на этих функциях функционал $K[y]$ принимает заданное значение: $K[y] = l$. Пример такой задачи: найти замкнутую плоскую кривую, имеющую заданную длину и ограничивающую фигуру наибольшей площади. Для нахождения экстремума функционала $J[y] = \int_a^b F(x, y, y') dx$ при условии, что $K[y] = \int_a^b G(x, y, y') dx = l$, составляют функцию *Лагранжа* $H(x, y, y') = F(x, y, y') + \lambda G(x, y, y')$ и пишут для неё уравнение *Эйлера* $H_y - \frac{d}{dx} H_{y'} = 0$. Общее решение этого уравнения содержит две произвольные постоянные C_1, C_2 и неизвестную постоянную λ ; эти величины определяются из граничных условий и изопериметрического условия $K[y] = l$.

изотёрма / isotherm // Isotherme f : линия на термодинамической диаграмме состояния, изображающая процесс при постоянной температуре (*изотермический процесс*). Уравнение изотермы *идеального газа*: $pV = \text{const}$, где p — давление, V — объём некоторого количества газа. Изотермы идеального газа — *гиперболы*, уравнение которых выражает *закон Бойля–Мариотта*. Изотермы реальных газов определяются более сложными уравнениями, которые переходят в уравнение идеального газа только при малых давлениях и высоких температурах. Примером могут служить изотермы газа Ван-дер-Ваальса (Johannes Diderik van der Waals, 1837–1923): $(p + a/V^2)(V - b) = \text{const}$, описывающие, в частности, переход газа в жидкое состояние при изотермическом сжатии.

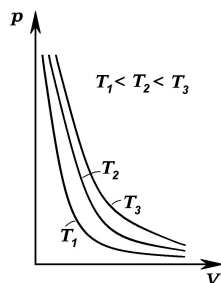


Рис. 56: Изотермы идеального газа

изотермический процесс / isothermal process // isothermer Prozess: процесс, происходящий в физической системе при постоянной *температуре* (в физической системе, помещенной в термостат).

изотопы / isotopes // Isotope pl : разновидности данного *химического элемента*, различающиеся по массе ядер. Число *протонов* в ядрах атомов двух изотопов данного элемента одинаково, а число *нейтронов* различно. Например, водород имеет три изотопа: ${}^1_1H$ — протий (обычный водород), ${}^2_1H$ — дейтерий (тяжёлый водород) и ${}^3_1H$ — тритий. Изотопы занимают

одно и то же место в *периодической системе химических элементов*.

изотро́пное вещество́ / isotropic substance // isotrope Substanz: вещество, свойства которого не зависят от направления. *Газы, жидкости* и твёрдые аморфные тела изотропны, твёрдые кристаллические вещества — не изотропны, они обладают *анизотропией*.

изохо́ра / isochore // Isochore *f*: линия на термодинамической диаграмме состояния, изображающая процесс при постоянном объеме (*изохорический процесс*).

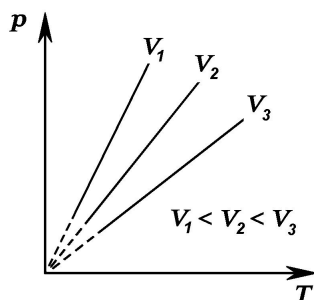


Рис. 57: Изохоры идеального газа

изохорический процесс, изохорный процесс / isochoric process // isochorer Prozess: процесс, происходящий в физической системе при постоянном объёме. В *идеальном газе* при изохорическом процессе давление пропорционально температуре (*закон Шарля*).

изоэнтропический, адиабатический / isentropic, iso-entropic, adiabatic // adiabatisch, isentropisch: протекающий при постоянной *энтропии*.

икоса́эдр / icosahedron // Ikosaeder *n*: один из пяти *правильных многогранников*. Имеет 20 граней (правильные треугольники), 30 рёбер, 12 вершин; в каждой вершине сходятся 5 рёбер.

иллюстра́ция / illustration // Illustration *f*: наглядное дополнение к тексту (фотография, рисунок, чертёж).

импедáнс / impedance // Impedanz *f*: в электротехнике — полное кажущееся *сопротивление* цепи *переменному току*, состоящее из активного (омического) и *реактивного сопротивления*.

импульс 1 / momentum, linear momentum // Impuls *m*: в механике: импульсом *материальной точки* называется произведение её *массы* на *скорость*: $\vec{p} = m\vec{v}$. (Устаревшее название: количество движения).

импульс 2 / impulse, pulse // Impuls *m*: в теории *волн* — короткий сигнал (периодический или уединённый), имеющий во времени чёткие начало и конец. Импульсы широко используются в вычислительной технике, телевидении, радиолокации, телефонной связи, акустике и других областях.

импульс силы / impulse of force // Kraftimpuls m : мера действия *силы* за некоторый промежуток времени; равняется произведению среднего (по времени) значения силы на время ее действия. Импульс переменной силы $\vec{F}(t)$ за промежуток времени от t_1 до t_2 дается интегралом $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$. Понятие импульса силы широко используется в механике, в частности, в теории удара.

инвариант / invariant // Invariante f : величина, не изменяющаяся при рассматриваемом преобразовании. Примеры: углы треугольника при равномерном растяжении плоскости; пространственно-временной интервал между событиями при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой (при *преобразованиях Лоренца*); *индекс инерции* квадратичной формы при линейном невырожденном преобразовании переменных; *определитель* и *след* матрицы при её подобном преобразовании.

инвариантная мера / invariant measure // invariantes Maß: понятие из теории *динамических систем*, означающее сохранение *меры* подмножеств фазового пространства при преобразованиях, заданных в динамической системе. В простейшем случае инвариантность меры означает неизменность объёма. См. также *эргодичность*.

инвариантный / invariant // invariant: не изменяющийся при данном преобразовании.

инвёрсия / inversion // Inversion f : 1) в теории функций — преобразование, заданное на *комплексной плоскости* z функцией $w = z^{-1}$; 2) в комбинаторике — то же, что *беспорядок* (2); 3) в геометрии — то же, что *центральная симметрия*.

инвёрсия населённостей / population inversion // Besetzungsinversion f : неравновесное состояние вещества, в котором для составляющих его частиц (атомов, молекул, ионов и т.п.) населенность какого-либо верхнего *энергетического уровня* превышает населенность какого-либо уровня энергии, лежащего ниже. В обычных условиях (в состоянии теплового равновесия), в соответствии с *распределением Больцмана*, на верхних уровнях энергии находится меньше частиц, чем на нижних. Инверсия населенностей представляет собой необходимое условие для усиления и генерации электромагнитного излучения во всех устройствах *квантовой электроники*, в частности, в *лазерах*.

индекс / index // Index m : число или буква малого размера, употребляемые как номер или метка при буквенном обозначении элементов какой-либо векторной или матричной величины. Например, элемент из m -й строки и n -го столбца *матрицы* A обозначается с помощью индексов m и n в виде $(A)_{mn}$ или a_{mn} . Индексы обычно пишут справа от основного символа, причем выше или ниже его.

индекс дефёкта / deficiency index // Defektindex m : пусть A — симметричный оператор в гильбертовом пространстве H . Положительным (отрицательным) индексом дефёкта n_+ (соответственно, n_-) оператора A называется размерность ортогонального дополнения в H множества $(A - iI)x$, $x \in D_A$ (соответственно, $(A + iI)x$, $x \in D_A$); здесь i — мнимая единица, I — единичный оператор, т.е. $Ix = x$, $\forall x \in H$. Симметричный оператор A можно расширить до самосопряжённого оператора, если $n_+ = n_-$. При симметричных расширениях симметричного оператора его индексы дефёкта уменьшаются; индексы дефёкта самосопряжённого оператора равны нулю.

индекс инёрции / index of inertia // Trägheitsindex m : в математике: индекс инерции квадратичной формы $\sum_{i,k=1}^n a_{ik}\xi_i\xi_k$ — пара целых чисел (p, q) , где p — количество положительных, q — количество отрицательных собственных значений матрицы A (с учётом кратности).

индекс подгруппы / index of a subgroup // Gruppenindex m : см. подгруппа.

индефинитный / indefinite // indefinit: не имеющий определённого знака. Например, квадратичная форма $\Phi = x^2 + 4xy + y^2$ индефинитна, так как $\Phi < 0$ при $x = -y > 0$, $\Phi > 0$ при $x = y > 0$.

индикатриса Дюпéна, индикатриса кривизны / Dupin indicatrix // Dupinsche Indikatrix: в геометрии: плоская кривая, которая даёт наглядное представление об искривлённости поверхности в окрестности данной точки. Индикатриса Дюпéна лежит в плоскости, касательной к поверхности S в точке P , и является совокупностью концов отрезков PM , отложенных от точки P в произвольном направлении l в касательной плоскости и имеющих длину $|PM| = 1/\sqrt{|K_l|}$, где K_l — кривизна нормального сечения поверхности в точке P в направлении l .

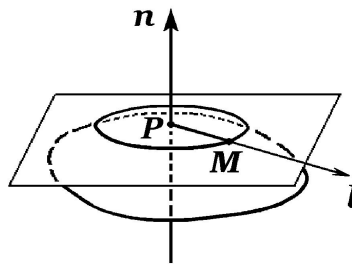


Рис. 58: Индикатриса Дюпéна

Индикатриса Дюпéна в обыкновенной точке P гладкой поверхности представляет собой эллипс, пару сопряжённых гипербол или пару параллельных

прямых; соответственно P называют эллиптической, гиперболической или параболической точкой.

индукти́вность / inductance // Induktivität f : величина, характеризующая магнитные свойства *электрической цепи*. Электрический ток, протекающий по проводящему контуру, создает в окружающем контур пространстве *магнитное поле*, причем *магнитный поток* Φ этого поля, пронизывающий контур («сцепленный» с ним), прямо пропорционален току: $\Phi = LI$. Коэффициент пропорциональности L называется индуктивностью или коэффициентом самоиндукции контура. Индуктивность зависит от размеров и формы контура, а также от магнитной проницаемости окружающей среды. Через индуктивность выражается эдс самоиндукции E_i в контуре, возникающая при изменении тока в нем: $E_i = -LdI/dt$, а также энергия W магнитного поля, создаваемого током: $W = LI^2/2$.

индукцио́нная кату́шка / induction coil // Induktionsspule f : разновидность *трансформатора*, используемого для получения высоковольтного переменного *напряжения* или высоковольтных *импульсов* от низковольтного источника постоянного тока. Индукционная катушка широко используется для получения искры в системах зажигания двигателей внутреннего сгорания.

индукцио́нный ток, наведённый ток / induced current // induzierter Strom: ток, возникающий в проводящем контуре, находящемся в переменном *магнитном поле* или движущемся в магнитном поле, см. *электромагнитная индукция*.

инду́кция 1 / induction // Induktion f : в математике: «полная математическая индукция» — способ доказательства формул или утверждений, зависящих от номера, т.е. от натурального параметра n . Чтобы доказать справедливость всех утверждений $A_1, A_2, A_3, \dots$, доказывают сначала справедливость A_1 («база индукции»), затем делают «шаг индукции»: предполагая A_n справедливым и пользуясь свойствами данной последовательности, доказывают справедливость A_{n+1} (переход «от n к $n+1$ »). Отсюда следует, что утверждение справедливо при любом n , так как переход к нему от A_1 содержит конечное число шагов.

инду́кция 2 / induction // Induktion f : см. *магнитная индукция*; *электромагнитная индукция*; *электростатическая индукция*.

индуци́рованный заряд, наведённый заряд / induced charge // Influenzladung f , influenzierte Ladung: индуцированные заряды — заряды, появляющиеся на поверхности проводников при помещении их в *электрическое поле*.

ине́ртность / inertness // Trägheit f : свойство всех тел, состоящее в следующем: при отсутствии взаимодействий с другими телами тело сохраняет состояние равномерного прямолинейного движения или покоя по отношению к *инерциальной системе отсчета*; если же на тело действуют

неуравновешенные силы со стороны других тел, то инертность проявляется в том, что изменение состояния покоя или движения тела (т.е. изменение его скорости) происходит не мгновенно: движение изменяется тем медленнее, чем больше инертность тела. Мерой инертности тела служит его *инертная масса*. См. *законы Ньютона*.

инёртная ма́сса / inertial mass // träge Masse, Inertialmasse *f*: физическая величина, характеризующая динамические свойства тела, а именно *инертность* тела, т.е. способность тела приобретать *ускорение* под действием *силы*.

инёртный газ / noble gas // Edelgas *n*: один из шести элементов нулевой группы *периодической системы химических элементов*: гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe) и радон (Rn). Эти элементы получили название «инертные газы» (или «благородные газы»), поскольку они почти не способны вступать в химические реакции.

инерциáльная систе́ма отсчёта / inertial frame of reference, inertial frame // inertes Bezugssystem, inertiales Koordinatensystem: в физике — *система отсчёта*, относительно которой движение свободного тела происходит равномерно и прямолинейно. Опыт показывает, что гелиоцентрическая система отсчёта (связанная с Солнцем и «неподвижными» звёздами) является инерциальной в рамках достижимой в настоящее время точности измерений. Любая другая система, движущаяся с постоянной скоростью (без вращения) относительно гелиоцентрической, также является инерциальной.

ине́рция / inertia // Trägheit *f*: явление, в котором обнаруживается *инертность* тела.

инже́кция / injection // Injektion *f*, Einschuss *m*: инжекция носителей: проникновение неравновесных (избыточных) носителей тока в *полупроводник* или *диэлектрик* под действием приложенного *электрического поля*. Источником избыточных носителей служит прилегающий полупроводник с другим типом проводимости или металл.

институ́т / institute // Institut *n*, Anstalt *f*: научно-исследовательское или учебное заведение.

инструме́нт / instrument, tool // Instrument *n*, Werkzeug *n*: средство, приспособление, специальный предмет, применяемый для выполнения какой-либо работы.

интегра́л Лебе́га / Lebesgue integral // Lebesguesches Integral: обобщение понятия *интеграла Римана*, расширяющее класс разрывных интегрируемых функций. Идея построения и.Л. состоит в том, чтобы разбивать на части не область определения функции, а множество её значений.

Пусть на отрезке $[a, b]$ задана действительная функция $f(x)$, значения которой принадлежат отрезку $[A, B]$. Разобьём отрезок $[A, B]$ на n частей точками $A = y_0 < y_1 < y_2 < \dots < y_{n-1} < y_n = B$ и обозначим через M_k ($k = 1, \dots, n$) множество $x \in [a, b]$ таких, что $y_{k-1} \leq f(x) < y_k$, и

через Δ_k лебегову меру M_k .

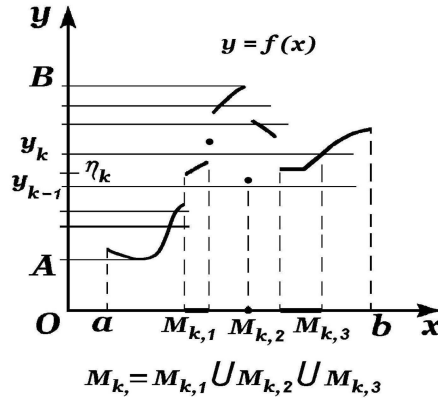


Рис. 59: К определению интеграла Лебега

Определённым интегралом Лебега от функции $f(x)$ по промежутку $[a, b]$ называется конечный предел при $n \rightarrow \infty$ (если он существует) интегральной суммы

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \eta_k \Delta_k, \quad (*)$$

где η_k — произвольное число из отрезка $[y_{k-1}, y_k]$. При данном предельном переходе предполагается, что длина наибольшего частичного отрезка $[y_{k-1}, y_k]$ стремится к нулю: $\max_{1 \leq k \leq n} |y_k - y_{k-1}| \rightarrow 0$, и что предел $(*)$ не зависит от способа разбиения отрезка $[A, B]$ и от выбора точек $\eta_k \in [y_{k-1}, y_k]$. Числа a и b называются пределами интегрирования, функция $f(x)$ подынтегральной функцией. Функция $f(x)$ называется интегрируемой (по Лебегу) на отрезке $[a, b]$, если интеграл $\int_a^b f(x) dx$ существует.

Свойства и.Л.:

1) Ограниченная на отрезке $[a, b]$ функция интегрируема в том и только том случае, когда она является *измеримой функцией*.

$$2) \left| \int_a^b f(x) dx \right| \leq |b - a| \sup_{a \leq x \leq b} |f(x)|.$$

$$3) \text{ Если } a < c < b, \text{ то } \int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx.$$

$$4) \int_a^b \gamma f(x) dx = \gamma \int_a^b f(x) dx, \text{ где } \gamma \text{ — произвольное постоянное число.}$$

$$5) \int_a^b (f(x) + g(x)) dx = \int_a^b f(x) dx + \int_a^b g(x) dx.$$

Если функция интегрируема в смысле Римана, то она интегрируема и в смысле Лебега, и оба интеграла совпадают; обратное утверждение неверно, как показывает пример *функции Дирихле*. Понятие и.Л. обобщается на *кратные интегралы* и *несобственные интегралы*. Интеграл Лебега имеет важное применение, в частности, в теории *гильбертовых пространств*.

интеграл ошибок, функция ошибок / error integral, error function // Fehlerintegral n , Fehlerfunktion f : функция $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$. В теории вероятностей обычно используется функция *нормального распределения* $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$, связанная с интегралом ошибок соотношением $\Phi(x) = \operatorname{erf}(x/\sqrt{2})$. Функцию $\Phi_0(x) = \frac{1}{2}\Phi(x)$ называют иногда интегралом вероятности *Гаусса* или функцией *Лапласа*. Если случайная величина X имеет нормальное распределение с математическим ожиданием 0 и дисперсией σ^2 , то вероятность неравенства $|X| \leq b$ равна $\Phi(b/\sigma)$.

интеграл по поверхности: то же, что *поверхностный интеграл*.

интеграл Римана / Riemann integral // Riemannsches Integral: понятие определённого интеграла Римана естественно возникает в задаче о вычислении площади плоской области, ограниченной заданной кривой. Идея построения и.Р. состоит в том, чтобы разбить область на узкие полоски, каждую полоску заменить приближённо прямоугольником и просуммировать площади этих прямоугольников, а затем перейти к пределу.

Пусть на отрезке $[a, b]$ задана функция $f(x)$. Разобьём отрезок $[a, b]$ на n частей при помощи точек $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$, на каждом частичном отрезке $I_k = [x_{k-1}, x_k]$ ($k = 1, \dots, n$) произвольно выберем точку $\xi_k \in I_k$ и введём обозначение $\Delta_k = x_k - x_{k-1}$.

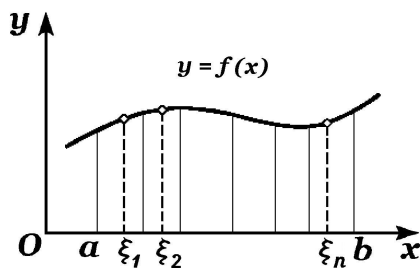


Рис. 60: К определению интеграла Римана

Определённым интегралом Римана от функции $f(x)$ по промежутку $[a, b]$ называется конечный предел при $n \rightarrow \infty$ (если он существует)

интегральной суммы Римана:

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k) \Delta_k. \quad (*)$$

При данном предельном переходе предполагается, что длина наибольшего частичного отрезка стремится к нулю: $\max_{1 \leq k \leq n} |x_k - x_{k-1}| \rightarrow 0$, и что предел (*) не зависит от способа разбиения отрезка $[a, b]$ и от выбора точек $\xi_k \in I_k$. Числа a и b называются пределами интегрирования, функция $f(x)$ подынтегральной функцией. Функция $f(x)$ называется интегрируемой (по Риману) на отрезке $[a, b]$, если интеграл $\int_a^b f(x) dx$ существует.

Определённый интеграл имеет важный геометрический смысл: если функция $f(x)$ неотрицательна, то $\int_a^b f(x) dx$ равен площади фигуры, ограниченной графиком функции, осью Ox и двумя прямыми: $x = a$ и $x = b$.

Свойства и.Р.:

- 1) Функция, интегрируемая на отрезке $[a, b]$, ограничена на нём.
- 2) Функция, *непрерывная* на отрезке $[a, b]$, интегрируема на нём.
- 3) $|\int_a^b f(x) dx| \leq |b - a| \sup_{a \leq x \leq b} |f(x)|$.
- 4) Если $a < c < b$, то $\int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx$.
- 5) $\int_a^b \gamma f(x) dx = \gamma \int_a^b f(x) dx$, где γ — произвольное постоянное число.
- 6) $\int_a^b (f(x) + g(x)) dx = \int_a^b f(x) dx + \int_a^b g(x) dx$.
- 7) $\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$, где $F(x)$ — какая-либо *первообразная* для функции $f(x)$.

Функции, имеющие *разрывы* непрерывности только 1-го рода (скачки), причём лишь конечное или *счётное множество* таких разрывов, также интегрируемы в смысле Римана. Понятие и.Р. обобщается на *кратные интегралы* и *несобственные интегралы*. См. также *интеграл Стильтьеса* и *интеграл Лебега*.

интеграл с параметром / integral containing a parameter // Integral mit einem Parameter: интеграл вида $F(t) = \int_a^b f(x, t) dx$; переменная t называется параметром. Если промежуток интегрирования конечный, а функция $f(x, t)$ непрерывна в области $D : x \in [a, b], t \in U_0$, где U_0 — окрестность точки t_0 , то функция $F(t)$ непрерывна при $t \in U_0$; если, кроме того, *частная производная* $\frac{\partial f}{\partial t}$ непрерывна в той же области D , то функция $F(t)$ дифференцируема при $t \in U_0$, и $F'(t) = \int_a^b \frac{\partial f}{\partial t} dx$. В

случае, когда $F(t)$ — *несобственный интеграл*, утверждение остается в силе, если дополнительно потребовать, чтобы интеграл $\int_a^b \frac{\partial f}{\partial t} dx$ сходилась *равномерно* по $t \in U_0$. Например, *гамма-функция* $\Gamma(t) = \int_0^\infty x^{t-1} e^{-x} dx$ имеет при $t > 0$ производные любого порядка.

интеграл Стильтьеса / Stieltjes integral // Stieltjessches Integral: обобщение *интеграла Римана*, реализующее идею интегрирования одной функции относительно другой функции. Пусть функции $f(x)$ и $g(x)$ определены и ограничены на отрезке $[a, b]$. Разобьём отрезок на n частей точками деления $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$, обозначим $x_0 = a$, $x_n = b$, и на каждом частичном отрезке $I_k = [x_{k-1}, x_k]$ ($k = 1, \dots, n$) произвольно выберем точку $\xi_k \in I_k$. Интегралом Стильтьеса от функции $f(x)$ по функции $g(x)$ на промежутке $[a, b]$ называется конечный предел при $n \rightarrow \infty$ (если он существует) интегральной суммы Стильтьеса:

$$\int_a^b f(x) dg(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k)(g(x_k) - g(x_{k-1})) \quad (*)$$

При данном предельном переходе предполагается, что длина наибольшего частичного отрезка стремится к нулю: $\max_{1 \leq k \leq n} |x_k - x_{k-1}| \rightarrow 0$, и что этот предел не зависит ни от способа разбиения отрезка $[a, b]$, ни от выбора точек $\xi_k \in I_k$. Функция $f(x)$ называется интегрируемой по функции $g(x)$ на отрезке $[a, b]$, если интеграл $\int_a^b f(x) dg(x)$ существует. Достаточное условие существования и.С.: $f(x)$ непрерывна на $[a, b]$, а $g(x)$ — *функция ограниченной вариации*.

Если $f(x)$ непрерывна, а $g(x)$ имеет непрерывную *производную*, то и.С. превращается в интеграл Римана: $\int_a^b f(x) dg(x) = \int_a^b f(x) g'(x) dx$. Если функция $g(x)$ — *кусочно-постоянная функция* со скачками σ_j в точках $t_j \in [a, b]$, то и.С. сводится к сумме: $\sum_j f(t_j) \sigma_j$.

Интеграл Стильтьеса используется, в частности, в *теории вероятностей*.

интеграл Фурье / Fourier integral // Fourier-Integral n : представление функции $f(x)$, заданной при $-\infty < x < +\infty$, в следующем виде:

$$f(x) = \int_0^\infty (A(\xi) \cos \xi x + B(\xi) \sin \xi x) d\xi,$$

где $A(\xi) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cos \xi x dx$, $B(\xi) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \sin \xi x dx$. Для справедливости такого представления достаточно, чтобы функция $f(x)$ была *непрерывна*, на всяком конечном промежутке имела не более, чем конечное число *экстремумов*, и $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)| dx < \infty$. Интеграл Фурье — непрерывный аналог тригонометрического *ряда Фурье*.

С помощью *комплексных чисел* и.Ф. записывается в виде

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} C(\xi) e^{i\xi x} d\xi, \quad C(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\xi x} dx. \quad (*)$$

Формула (*) означает, что к функции $f(x)$ применили сначала прямое, а затем обратное *преобразование Фурье*.

интегральная кривая / integral curve // Integralkurve f : график решения *обыкновенного дифференциального уравнения*.

интегральная схема / integrated circuit // integrierter Schaltkreis: миниатюрная электронная схема, размещенная в одном *монокристалле* полупроводника (обычно кремния). Интегральные схемы могут содержать миллионы *транзисторов* (активных элементов), *резисторов* и *конденсаторов* (пассивных элементов). Интегральные схемы широко применяются в микрокомпьютерах, устройствах памяти, мобильных телефонах и других многочисленных бытовых и технических электронных устройствах благодаря своим малым габаритам, быстродействию, низкой стоимости и высокой надежности.

интегральное уравнение / integral equation // Integralgleichung f : уравнение, в котором искомая функция находится под знаком интеграла. Линейные и.у. *Фредгольма* 1-го и 2-го рода имеют соответственно вид

$$(1) \quad f(x) + \int_a^b K(x, \xi) y(\xi) d\xi = 0, \quad (2) \quad y(x) = f(x) + \int_a^b K(x, \xi) y(\xi) d\xi.$$

Здесь $y(x)$ — искомая функция, $f(x)$ — заданная функция, $K(x, \xi)$ — заданная функция двух переменных, называемая ядром уравнения.

Линейные и.у. *Вольтерры* 1-го и 2-го рода имеют соответственно вид

$$(1') \quad f(x) + \int_a^x K(x, \xi) y(\xi) d\xi = 0, \quad (2') \quad y(x) = f(x) + \int_a^x K(x, \xi) y(\xi) d\xi.$$

В частном случае, когда в уравнении (2) ядро «вырожденное», т.е. $K(x, \xi) = \sum_{k=1}^n \phi_k(x) \psi_k(\xi)$, задача о решении и.у. сводится к задаче о решении линейной алгебраической системы для величин $C_k = \int_a^b \psi_k(\xi) y(\xi) d\xi$, $k = 1, \dots, n$, через которые решение уравнения (2) выражается формулой $y(x) = f(x) + \sum_{k=1}^n C_k \phi_k(x)$. В нелинейных и.у. подынтегральное выражение имеет вид $K(x, \xi, y(\xi))$. В общем случае для решения и.у. приходится применять приближённые методы (см. *метод коллокации*, метод *последовательных приближений*).

интегральный оператор / integral operator // Integraloperator m : оператор A , действующий на функции $f(x)$, $x \in [a, b]$, из некоторого класса D по правилу: $(Af)(x) = \int_a^b F(x, y, f(y)) dy$, где $F(x, y, u)$ — заданная функция. Рассматриваются также и.о., связанные с *кратными интегралами*.

Если подынтегральная функция имеет вид $K(x, y)f(y)$, то оператор A называется линейным и.о., а функция $K(x, y)$ — его ядром. Наиболее полно развита теория и.о. Фредгольма. Интегральный оператор Фредгольма в простейшем случае определяется в пространстве $C[a, b]$ непрерывных функций на конечном отрезке $[a, b]$ формулой $(Af)(x) = \int_a^b K(x, y)f(y) dy$ с ядром $K(x, y)$, непрерывным в квадрате $x \in [a, b]$, $y \in [a, b]$. Такой оператор является *вполне непрерывным* в пространстве $C[a, b]$.

интегральный признак / Cauchy integral criterion // Integralkriterium n : связывает сходимость *несобственного интеграла* $\int_1^\infty f(x) dx$ (1) от непрерывной функции $f(x)$ и сходимость числового ряда $\sum_{n=1}^\infty f(n)$ (2). Теорема: Пусть $f(x)$ — непрерывная невозрастающая положительная функция, тогда для сходимости ряда (2) необходимо и достаточно, чтобы сходился интеграл (1). Примеры: ряд $\sum_{n=1}^\infty \frac{1}{n^2}$ сходится, так как $\int_1^\infty \frac{1}{x^2} dx = 1$; ряд $\sum_{n=1}^\infty \frac{1}{n}$ расходится, так как $\int_1^\infty \frac{1}{x} dx = \infty$.

интегральный синус / sine integral // Integralsinus m : функция, определяемая формулой $\text{Si}(x) = \int_0^x \frac{\sin t}{t} dt$. При действительных x — нечётная, непериодическая функция, имеющая *экстремумы* в точках $x = n\pi$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$; при $x \rightarrow \pm\infty$ предел равен $\pm\pi/2$. На *комплексной плоскости* z — *целая функция*. Разложение в степенной ряд $\text{Si}(z) = z - \frac{1}{3 \cdot 3!} z^3 + \frac{1}{5 \cdot 5!} z^5 - \dots$ справедливо при всяком $z \neq \infty$.

интегранд, интегрант / integrand // Integrand m : подынтегральная функция, см. *интеграл*.

интегрирование / integration // Integration f : нахождение *интеграла*. «Путь интегрирования» / path of integration // Integrationsweg m .

интегрирование по частям / integration by parts // partielle Integration: преобразование интеграла, основанное на формуле для *производной* от произведения функций: $(fg)' = f'g + fg'$. Интегрирование по частям в *неопределённом интеграле* имеет следующий вид:

$$\int f(x)g'(x) dx = f(x)g(x) - \int f'(x)g(x) dx.$$

Соответствующая формула для *определённого интеграла*:

$$\int_a^b f(x)g'(x) dx = [f(x)g(x)]_a^b - \int_a^b f'(x)g(x) dx.$$

Интегрирование по частям в *двойном интеграле*:

$$\begin{aligned} \iint_D f(x, y) \frac{\partial g(x, y)}{\partial x} dx dy &= \oint_{\partial D} f(x, y)g(x, y) dy - \iint_D \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} g(x, y) dx dy, \\ \iint_D f(x, y) \frac{\partial g(x, y)}{\partial y} dx dy &= - \oint_{\partial D} f(x, y)g(x, y) dx - \iint_D \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} g(x, y) dx dy, \end{aligned}$$

где D — область интегрирования, ∂D — контур, ограничивающий D , а символ $\oint$ означает *криволинейный интеграл* 2-го рода с положительным направлением обхода контура. Аналогичные формулы имеют место и для интегралов бóльшей размерности.

интегри́руемость / integrability // Integrabilität f : свойство функции, состоящее в том, что *определённый интеграл* от неё (по рассматриваемому промежутку) существует. При этом, если существует *интеграл Римана* от функции $f(x)$, то говорят, что эта функция интегрируема по Риману; если существует *интеграл Лебега*, говорят, что функция интегрируема по Лебегу, или суммируема. Понятие интегрируемости для функций от нескольких переменных вводится аналогично.

интегри́руемый / integrable // integrierbar: функция $f(x)$ называется интегрируемой на отрезке $[a, b]$, если существует $\int_a^b f(x) dx$, см. *интегрируемость*.

интегри́рующий мно́житель / integrating factor // integrierender Faktor: функция двух переменных $\mu(x, y)$, после умножения на которую дифференциальное выражение $f(x, y)dx + g(x, y)dy$ становится *полным дифференциалом* некоторой функции: $\mu(x, y)[f(x, y)dx + g(x, y)dy] = du(x, y)$. Всякое выражение вида $f(x, y)dx + g(x, y)dy$ имеет бесконечно много интегрирующих множителей, практическое нахождение которых, вообще говоря, является трудной задачей. Понятие «интегрирующий множитель» применяется для решения *дифференциальных уравнений*; оно обобщается и на случай бóльшего числа независимых переменных.

интенси́вность / intensity // Intensität f : степень развития какого-либо процесса или действия. В теории *волн*: для волнового процесса, описываемого гармоническим законом $x = A \cos(\omega t + \phi)$, под интенсивностью W обычно понимают квадрат *амплитуды*, $W = A^2$. Интенсивность (сила) *звука* — средняя по времени энергия, переносимая за единицу времени звуковой волной через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны. Интенсивность *излучения* (в фотометрии, в теории переноса излучения) — полный поток энергии излучения, проходящий за единицу времени через единичную площадку в направлении нормали к ней и рассчитанный на единицу *телесного угла*.

интеракти́вный / interactive // interaktiv: интерактивный режим — режим работы с компьютером, при котором возможен активный диалог пользователя с компьютером. В процессе выполнения задания компьютер может задавать пользователю вопросы, отвечая на которые пользователь выбирает один из возможных путей дальнейшей работы программы. Пользователь имеет также возможность в процессе работы компьютера давать дополнительные задания (например, остановить вычисление).

интерва́л / interval // Intervall n : в физике: а) интервал времени, или промежуток времени — время, прошедшее от одного момента времени до

другого; б) в *теории относительности* интервалом, или пространственно-временным интервалом, между событиями A и B называется величина $s = \sqrt{c^2(t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2}$, где c — скорость света в вакууме; t_1 — момент времени, когда произошло событие A , а (x_1, y_1, z_1) — координаты точки, в которой оно произошло; t_2 и (x_2, y_2, z_2) — то же для события B . Интервал инвариантен относительно *преобразований Лоренца*, т.е. для данной пары событий он имеет одно и то же значение во всех *инерциальных системах отсчета*.

В математике интервал, или промежуток, — множество всех точек отрезка прямой, кроме его концевых точек. Интервал является *открытым множеством*. Интервал (a, b) на *числовой оси* Ox задаётся двумя действительными числами a и b — координатами концевых точек интервала. Условие того, что точка P лежит на интервале (a, b) : координата x_P этой точки удовлетворяет неравенству $a < x_P < b$. Рассматриваются также полубесконечные интервалы $(-\infty, a)$ и $(a, +\infty)$. Всю числовую ось называют бесконечным интервалом. Интервал (a, b) обозначают также $(a; b)$, $]a, b[$ или $]a; b[$.

Интернёт / internet // Internet n : международная сеть связи между локальными компьютерными сетями, позволяющая многим независимым пользователям обмениваться электронными данными.

интерполи́ровать / interpolate // interpolieren: выполнять *интерполяцию*.

интерполяцио́нный многочле́н / interpolational polynomial // Interpolation polynomial n : многочлен, принимающий в заданных точках числовой оси заданные значения. Именно, пусть задана n -таблица, т.е. точки $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ на оси Ox и соответствующие им (действительные) числа $f_1, f_2, \dots, f_n$; таблица задаёт на плоскости (x, y) множество T точек $(x_1, f_1), \dots, (x_n, f_n)$. Интерполяционный многочлен — это такой многочлен $P_m(x)$ степени m , что его график проходит через все точки множества T , т.е. $P_m(x_j) = f_j$, $j = 1, \dots, n$. Теорема: Для любой заданной n -таблицы при $m \geq n - 1$ и.м. существует, и при $m = n - 1$ ровно один. Имеет место формула *Лагранжа*:

$$P_{n-1}(x) = \sum_{j=1}^n Q_j(x) f_j, \quad Q_j(x) = \prod_{1 \leq k \leq n, k \neq j} \frac{x - x_k}{x_j - x_k}.$$

Интерполяционные многочлены применяются, в частности, для *интерполяции* функций, заданных таблично.

интерполя́ция, интерполирование / interpolation // Interpolation f : доопределение функции вне её исходной области определения. Обычно интерполяцию применяют к функциям, заданным таблично, т.е. в отдельных точках $x_1, x_2, \dots, x_n$: $f(x_k) = f_k$, $k = 1, 2, \dots, n$. Как правило, применяется линейная интерполяция, реже — квадратичная. При линейной интерполяции

на отрезке $[x_k, x_{k+1}]$ функцию принимают приближённо равной линейной функции: $f(x) \approx f_k + (f_{k+1} - f_k) \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}$. При квадратичной интерполяции на отрезке $[x_k, x_{k+2}]$ функцию приближают квадратным трёхчленом $P_2(x) = a_k x^2 + b_k x + c_k$, график которого (парабола) проходит через три точки: (x_k, f_k) , (x_{k+1}, f_{k+1}) , (x_{k+2}, f_{k+2}) .

интерфэйс / interface // Interface n , Schnittstelle f : в *информатике* — стандартные входные и выходные разъёмы, розетки, штекеры, с помощью которых присоединяются к компьютеру вспомогательные приборы (клавиатура, мышь, монитор, принтер, модем и т.п.); также — части программ, осуществляющие соединение различных программных продуктов между собой.

интерференция / interference // Interferenz f : в физике — сложение в пространстве двух или нескольких *волн*, в результате которого в разных точках получается увеличение или уменьшение амплитуды результирующих колебаний. При интерференции двух *монохроматических* волн происходит усиление колебаний в тех точках, где смещения в обеих волнах направлены одинаково, и ослабление — в точках, где направления смещений противоположны. Интерференция характерна для волн любой природы. При интерференции *когерентных* пучков света происходит пространственное перераспределение энергии светового излучения с образованием стационарной (неизменной во времени) интерференционной картины — регулярного чередования в пространстве светлых и темных полос, либо возникают световые биения. На явлении интерференции света основано действие многочисленных приборов (*интерферометров*), используемых в метрологии для точных измерений расстояний и углов, в спектральном анализе, в задачах контроля качества поверхностей и др. На явлении интерференции света основана *голография*.

интерферометр / interferometer // Interferometer n : измерительный прибор, действие которого основано на *интерференции волн* — звуковых, электромагнитных (оптических и радиоволн). Оптические интерферометры применяются для измерения длин волн спектральных линий, показателей преломления прозрачных сред, точных измерений углов и пространственных расстояний и т.п. С помощью интерферометра Майкельсона (Albert Abraham Michelson, 1852–1931) была впервые экспериментально установлена (1881 г.) независимость скорости света от системы отсчета и от движения источника.

инфимум / infimum // Infimum n : 1) инфимум множества — то же, что его *нижняя грань*; 2) инфимум функции, принимающей на множестве D действительные значения, определяется как нижняя грань множества M значений этой функции на D : $\inf_{x \in D} f(x) = \inf M$. Другими словами, $\inf_{x \in D} f(x)$ — это наибольшее из всех чисел A таких, что $A \leq$

$f(x)$, $x \in D$. Если такого наибольшего числа не существует, то говорят, что $\inf_{x \in D} f(x) = -\infty$; это означает, что функция не ограничена снизу. См. также *супремум*.

инфинитезимальный оператор / infinitesimal operator // infinitesimaler Operator: наименование *линейных операторов*, являющихся *дифференциалами* отображений некоторых классов. В частности, для *полугрупп* линейных *ограниченных операторов* это то же, что *производящий оператор*.

информатика / information science, computer science // Informatik f , EDV f [сокр. от “elektronische Datenverarbeitung”]: наука об общих свойствах *информации* и о методах её поиска, передачи, обработки и использования. Включает в себя теорию кодирования информации, разработку *языков программирования*, математическую теорию процессов передачи и обработки информации. В узком смысле — область знаний о *компьютерах* и о работе с ними.

информация / information // Information f : сведения, данные. В *кибернетике* — одно из основных понятий, включающее обмен сведениями между людьми, а также между человеком и автоматом, автоматом и автоматом, обмен сигналами в животном и растительном мире, передачу признаков от клетки к клетке, от организма к организму. В основе теории информации лежит предложенный в 1948 г. К. Шенноном (Claude Elwood Shannon, 1916–2001) способ измерения количества информации, содержащейся в одном случайном объекте (событии, величине, функции) относительно другого случайного объекта. Пусть ξ — *случайная величина*, принимающая значения $x_1, \dots, x_n$ с *вероятностями* $p_1, \dots, p_n$, а η — случайная величина, принимающая значения $\eta_1, \dots, \eta_n$ с вероятностями $q_1, \dots, q_n$. Тогда количество информации, содержащейся в ξ относительно η , измеряется величиной

$$I(\xi, \eta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i q_j},$$

где p_{ij} — вероятность совместного появления событий ξ_i и η_j . Если случайные величины независимы, то $p_{ij} = p_i p_j$, и $I(\xi, \eta) = 0$. Понятие количества информации играет важную роль, в частности, в вопросах передачи информации по *каналам связи*.

инфразвук / infrasound // Infraschall m : не воспринимаемые человеческим ухом механические *колебания* частоты менее 16 *герц*. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах, вследствие чего он может распространяться на очень далекие расстояния.

инфракрасное излучение / infrared radiation // Infrarotstrahlen pl , Infrarot n : невидимое глазом *электромагнитное излучение*, занимающее спектральную область между красным концом видимого *света* (длина волны около 740 нм) и коротковолновым *радиоизлучением* (длина волны

около $1 - 2$ мм). Многие вещества, прозрачные для видимого света, оказываются непрозрачными для инфракрасного излучения, и наоборот. Инфракрасное излучение называют также тепловым излучением.

инцидентность / incidence // Inzidenz f : принадлежность. Если точка лежит на прямой линии, то говорят, что эта точка инцидентна прямой, или что прямая и точка инцидентны. См. также *граф*.

инъёкция / injection // Injektion f : в математике: инъекция, или инъективное отображение, *множества* A в множество B — отображение, при котором различные элементы из A имеют различные образы в B . Например, функция $y = e^x$ задаёт инъекцию интервала $x \in (0, +1)$ в интервал $y \in (0, +\infty)$. Инъекцией, или вложением, называют также взаимно однозначное отображение множества A в множество B .

и́од, йод / iodine // Iod n , Jod n : элемент *периодической системы химических элементов* (I или J, номер 53).

ио́н / ion // Ion n : атом или молекула, имеющая электрический заряд за счёт потери электронов (катион) или присоединения дополнительных электронов (анион).

иониза́ция / ionization // Ionisation f : образование положительных и отрицательных *ионов* и свободных электронов из электрически нейтральных *молекул* или *атомов*.

ионосфе́ра / ionosphere // Ionosphäre f : часть *атмосферы* на высотах примерно от 60 км до 300 км от поверхности Земли. Состоит из ионизированных молекул газов, входящих в состав воздуха. Ионизация вызвана коротковолновым электромагнитным излучением Солнца. Благодаря отражению *радиоволн* от ионосферы возможна дальняя радиосвязь. Свойства ионосферного слоя сильно зависят от времени суток, сезонов и солнечной активности.

ири́дий / iridium // Iridium n : *металл*, элемент *периодической системы химических элементов* (Ir, номер 77)

иррациона́льное число́ / irrational number // irrationale Zahl: действительное число, не равное отношению двух целых чисел, например, числа $\sqrt{2}$, π , e . Иррациональное число не представимо в виде конечной или периодической десятичной дроби. Множество иррациональных чисел невозможно «пересчитать», т.е. поставить во взаимно однозначное соответствие с множеством *натуральных чисел*. См. также *кардинальное число*.

иррегуля́рный / irregular // irregulär: особый, неправильный, сингулярный.

иррегуля́рно о́собая то́чка, сильно сингулярная особая точка / irregular [or: essential] singular point // irreguläre [oder: stark] singuläre Stelle: для дифференциального уравнения $w'' + p(z)w' + q(z)w = 0$, рассматриваемого в комплексной плоскости $z \in \mathbb{C}$, — точка, в окрестности которой, в отличие от окрестности *регулярно особой точки*, хотя бы одно из решений уравнения нельзя представить в виде сходящихся обобщённых степенных

рядов. Например, для уравнения $w'' + \frac{2}{z}w' - \frac{1}{z^4}w = 0$ точка $z = 0$ — иррегулярно особая точка; решения уравнения, $w_1 = e^{1/z}$ и $w_2 = e^{-1/z}$, разложимы в ряд Лорана с бесконечным количеством отрицательных степеней z .

искажё́ние / distortion // Verzerrung f : изменение, нарушающее форму или другие существенные свойства объекта. В математике: искажение элемента площади при *замене переменных* — отношение площади элемента в новых переменных к площади элемента в исходных переменных; это отношение равно модулю *якобиана* преобразования переменных. Именно, если считать, что в исходных координатах x, y элемент площади выражается формулой $dxdy$, а при замене $u = \phi(x, y)$, $v = \psi(x, y)$ — формулой $dudv$, то $dudv = |J|dxdy$, поэтому искажение площади равно $|J|$, где

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix}$$

— *якобиан* преобразования переменных. Если $|J| > 1$, то искажение имеет смысл растяжения, если $|J| < 1$ — сжатия. Аналогичные формулы имеют место для искажения элемента объёма в трёхмерном случае.

исключе́ние 1 / elimination // Eliminierung f : исключение неизвестных из *системы уравнений* — уменьшение количества неизвестных путём решения одного из уравнений относительно этого неизвестного и подстановки его в другие уравнения.

исключе́ние 2 / exception, exclusion // Ausnahme f : особый случай. Например: «Среди хвойных деревьев лиственница составляет исключение: на зиму она сбрасывает иглы, в отличие от остальных хвойных». «За исключением» / with the exception of, excepting, except of // mit Ausnahme (von).

исключи́ть пара́метр / eliminate the parameter // eliminieren den Parameter: при *параметрическом задании* функции: $x = f(t)$, $y = g(t)$, выразить t через x (или через y) и подставить $t(x)$ в равенство $y = g(t)$ (соответственно в равенство $x = f(t)$).

искривле́ние / deformation, bend, twist // Verbiegung f : изменение прямолинейной формы на кривую.

искрово́й разря́д, искра / spark discharge, spark // Funkenentladung f , Funke m : неустановившийся *электрический разряд*, при котором напряжение на разрядном промежутке падает после пробоя в течение очень короткого времени (от долей до сотен мкс) до значений, меньших величины погасания разряда. В природных условиях искровой разряд наблюдается в виде *молний*. Искровой разряд широко применяется в науке и технике (системы зажигания двигателей внутреннего сгорания, обработка металлов, счетчики заряженных частиц и т.д.).

испарéние / evaporation, vaporization // Verdampfung *f*, Verdunstung *f*: переход вещества из твёрдого или жидкого *агрегатного состояния* в пар. Обычно под испарением понимают превращение жидкости в пар, происходящее со свободной поверхности жидкости. Испарение твердых тел обычно называют возгонкой или сублимацией.

испóльзование / use, utilization, employment // Ausnutzung *f*, Verwertung *f*, Anwendung *f*: применение, реализация.

исправлéние / correction, revision // Korrektur *f*, Verbesserung *f*: устранение ошибок, улучшение.

испусkáние / emission, radiation // Emission *f*, Ausstrahlung *f*: эмиссия, *излучение*, выбрасывание (газа, жидкости или частиц).

испытáние 1) test, trial, examination // Probe *f*, Test *n*, Prüfung *f*, Examen *n*: проверка, экзамен, тест; 2) trial // zufälliges Experiment, Versuch *m*: в *теории вероятностей* испытанием называется эксперимент (возможно, мысленный), в результате которого появляется (осуществляется, наступает) одно из возможных *случайных событий*. Например, бросание *игральной кости* (tossing a die // (das) Werfen eines Spielwürfels) — испытание, в результате которого на верхней грани появляется («выпадает») одно из чисел 1,2,3,4,5,6.

исслéдование / investigation, research // Untersuchung *f*, Forschung *f*: подробное изучение с целью выявить важную информацию.

исслéдователь / investigator, researcher // Forscher *m*: тот, кто проводит *исследование*.

йстина / truth // Wahrheit *f*: правда.

йстинность / truth // Echtheit *f*: правильность, правдивость.

истокообразно / sourcewise, according to a source // quellenweise: в математике: функция называется истокообразно представленной, если она равна *дивергенции* некоторого *векторного поля*: $f(x, y, z) = \operatorname{div} \vec{p}(x, y, z)$.

истолковáние / interpretation // Interpretation *f*, Deutung *f*, Erläuterung *f*: истолкование какого-либо утверждения (или понятия) — высказывание, показывающее, в каком смысле понимается данное утверждение.

истóчник / source, origin // Quelle *f*: место, из которого вытекает или выходит наружу что-либо — вода, нефть, газ, свет, звук, запах, информация и т.д. «Источник питания» / supply // Netzgerät *n*: в электротехнике — устройство для питания прибора (от сети).

истóчник тóка / current source // Stromquelle *f*: устройство, преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию.

исхóд / result, outcome // Ergebnis *n*, Ausgang *m*: в *теории вероятностей* — результат *испытания*.

исхóдный / initial, original // Ausgangs=: первоначальный, оригинальный. «Исходные данные»: см. *входные данные* /// «Исходная формула» / as-

sumption formula // Ausgangsformel f /// «Исходный документ» / source document // Ausgangsdokument n , Urquelle f /// «Возвращать в исходное положение» / reset // zur Ausgangsstellung bringen.

исчислѐние / calculus // Rechnung f : исторически сложившееся название некоторых разделов математики, основанных на принципиально важной идее или технике: дифференциальное, интегральное, вариационное исчисления, исчисление предикатов.

итерацио́нный / iterative, iterated, repeated // Iterations=: связанный с *итерациями*. «Итерационный цикл» / iterative cycle // Iterationsschleife f .

итера́ция / iteration // Iteration f : повторение, повторное действие, см. также *метод итераций*.

итери́ровать / iterate, repeat // iterieren, wiederholen: повторять, повторно применять какую-либо операцию.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

К

кавити́ация / cavitation // Kavitation f : образование в жидкости полостей (пузырьков или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление становится ниже некоторого критического значения, которое приблизительно равно давлению *насыщенного пара* этой жидкости при данной температуре. Гидродинамическая кавитация происходит при понижении давления вследствие больших местных скоростей в потоке; она оказывает вредное влияние на работу гидротурбин, насосов, гребных винтов кораблей. Акустическая кавитация происходит вследствие прохождения звуковых волн большой интенсивности; вызывает разрушение и диспергирование (измельчение) твердых тел и поэтому применяется для очистки поверхностей и деталей.

ка́дмий / cadmium // Cadmium n , Kadmium n : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Cd, номер 48)

калибровочная инвариáнтность / gage invariance // Eichinvarianz f : общее название класса внутренних симметрий уравнений теории поля, т.е. симметрий, связанных со свойствами элементарных частиц, а не со свойствами пространства-времени. Идея калибровочной инвариантности оказалась наиболее плодотворной в единой теории слабого и электромагнитного взаимодействий.

ка́лий / potassium // Kalium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (К, номер 19).

калорíметр / calorimeter // Kalorimeter *n*: прибор для измерения количества теплоты, выделяющейся или поглощаемой в каком-либо физическом, химическом или биологическом процессе.

калóрия (кал) / calorie, cal // Kalorie *f*: внесистемная единица количества теплоты. Приблизительно такое количество теплоты необходимо для нагревания 1 г воды на 1°C. 1 кал = 4,1868 Дж.

калькуля́тор / calculator, vest-pocket calculator // Taschenrechner *m*: настольный или карманный *компьютер*, способный выполнять сравнительно простые программы, в том числе вычислять арифметические выражения.

ка́льций / calcium // Calcium *n*, Kalzium *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Ca, номер 20).

ка́мера Вильсона / cloud chamber // Nebelkammer *f*: прибор для наблюдения следов (треков) заряженных частиц. Действие камеры, изобретенной в 1912 году английским физиком Ч. Вильсоном (Charles Thomson Rees Wilson, 1869–1959), основано на конденсации пересыщенного пара на ионах (центрах конденсации), образующихся вдоль траектории заряженной частицы. Камера Вильсона сыграла большую роль в истории ядерной физики.

камерто́н / tuning fork // Stimmgabel *f*: механический генератор звука стандартной частоты (обычно 440 Гц), по форме напоминающий вилку с двумя зубьями. Звук извлекается лёгким ударом одного из зубьев о твёрдый предмет, при этом возникают поперечные колебания вилки. Длительность звучания 10 – 15 секунд. Большое распространение получили также электрические камертоны.

кана́л 1 / canal // Kanal *m*: искусственное водное сооружение открытого типа для транспортирования воды на значительное расстояние, аналог реки. Большие каналы используются для судоходства.

кана́л 2 / channel // Kanal *m*: линия, по которой что-либо передаётся, например, канал информации, канал телевидения, дипломатический канал, *канал связи*.

кана́л свя́зи / communication channel // Nachrichtenübertragungskanal *m*, Nachrichtenkanal *m*: а) физический канал, система технических устройств, обеспечивающих передачу сообщений от передатчика к приёмнику в реальной среде; б) в теории *информации* — математическая модель физического канала, одна из составных частей систем передачи информации. В простейшем случае канал связи передаёт сигналы в одном направлении, от одного источника к одному приёмнику, причём передача очередного сигнала происходит мгновенно, в дискретные моменты времени $k\tau$, $k = 0, 1, 2, \dots$. Входной и выходной сигналы рассматриваются как наборы *случайных*

величин $(\eta_1, \dots, \eta_n)$ и $(\eta'_1, \dots, \eta'_n)$, соответственно. Канал связи характеризуется передаточной *матрицей* A , где $\eta'_k = \sum_{s=1}^n a_{ks} \eta_s$, и пропускной способностью (количеством передаваемой информации в единицу времени). Изучаются также каналы с непрерывным временем, двусторонние и многосторонние, с памятью, с обратной связью, при наличии шумов и т.д.

кандёла / candela, cd // Candela *f*: единица СИ силы света. Кандела определяется как сила света, испускаемого излучателем, обладающим свойствами *абсолютно черного тела* при температуре затвердевания чистой платины (2042 К) с площади поверхности $1/600\,000\text{ м}^2$ в направлении, перпендикулярном к поверхности.

канонический / canonical // kanonisch: простейший, стандартный. Например, канонический вид *квадратичной формы*.

Кáнтор (Georg Cantor, 1845–1918): немецкий математик. Разработал основы *теории множеств*, в частности, ввёл понятия *мощности* для бесконечных множеств. См. также *канторово множество* и *теорема Кантора*.

кáнторово мнóжество / Cantor discontinuum // Cantorsche Menge: найденное Кантором нигде не плотное *множество* M точек на единичном отрезке, имеющее *мощность* континуума и нулевую *меру*. Это множество можно построить следующим образом. Разделим отрезок $[0, 1]$ на три равные части и выбросим из него средний интервал $(\frac{1}{3}, \frac{2}{3})$. Каждый из оставшихся отрезков опять разделим на три части и выбросим из них средние интервалы $(\frac{1}{9}, \frac{2}{9})$ и $(\frac{7}{9}, \frac{8}{9})$, из оставшихся четырёх отрезков также выбросим их средние трети и так далее до бесконечности. То, что останется после выбрасывания всех этих интервалов (суммарная длина которых равна 1), и есть канторово множество, или канторово совершенное множество. Оно нигде не плотно на отрезке $[0, 1]$, т.е. в любом интервале $\Delta \subset [0, 1]$ найдётся подинтервал $\delta \subset \Delta$, в котором нет точек множества M . Совершенным оно называется потому, что не содержит *изолированных точек*.

капилля́р / capillary // Kapillare *f*, Kapillarröhre *f*: трубка с очень узким (как волос) каналом; в более широком понимании — очень узкие поры в любом материале. В лабораторной технике капиллярами называют очень узкие стеклянные трубочки, изготовленные специальным способом. См. также *мениск*.

ка́пля / drop, droplet // Tropfen *m*: небольшое количество жидкости, находящееся вне сосудов и принимающее под действием поверхностного натяжения в свободном от внешних сил пространстве форму шара. Капли образуются при медленном истечении жидкости из небольшого отверстия, при распылении жидкости, а также при конденсации пара. Форма капли определяется совместным действием сил *поверхностного натяжения* и внешних сил (например, силы тяжести). Крупные дождевые капли под

действием силы тяжести, сил сопротивления воздуха и поверхностного натяжения имеют сплюснутую форму.

Кардано (Gerolamo Cardano, 1501–1576): итальянский математик, врач и философ. Впервые (1545 г.) опубликовал формулу для решения *кубического уравнения*.

кардина́льное число / cardinal number, power // Kardinalzahl f , Mächtigkeit f : см. *мощность множества*.

кардио́ида / cardioid // Kardioide f : плоская кривая, описываемая фиксированной точкой окружности радиуса a , катящейся снаружи по неподвижной окружности такого же радиуса; частный случай *эпициклоиды*. Уравнение кардиоиды в *декартовых координатах*: $(x^2 + y^2 + 2ax)^2 = 4a^2(x^2 + y^2)$, в *полярных координатах*: $r = 2a(1 + \cos \phi)$.

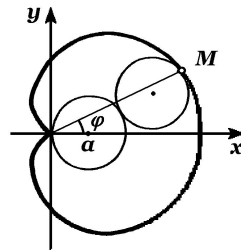


Рис. 61: Кардиоида

ка́рлик (звезда) / dwarf // Zwerg m : относительно небольшого размера звезда, находящаяся в состоянии чрезвычайно сильного сжатия (см. *белый карлик*).

Карно́ (Sadi Carnot, 1796–1832): французский физик, внесший значительный вклад в термодинамику, см. *цикл Карно*.

ка́рта 1 / map // Karte f , Landkarte f : географическая карта.

ка́рта 2 / card // Karte f : игральная карта, медицинская карта, перфокарта и т.д.

каса́ние / contact, tangency, touch // Kontakt m , Berührung f : контакт, прикосновение, такое взаимное сближение двух объектов, при котором они имеют одну общую точку.

каса́тельная / tangent, tangent line // Tangente f , Berührende f : прямая, касательная к кривой в данной её точке, вводится как предельное положение секущей. Возьмём на кривой точку A_0 и близкую к ней точку кривой A_1 и проведём через них прямую (называемую секущей). Будем приближать точку A_1 к точке A_0 ; в пределе, при $A_1 \rightarrow A_0$, секущая превращается в касательную к кривой в точке A_0 .

Если кривая на плоскости задана уравнением $y = f(x)$ в *декартовых координатах* и функция $f(x)$ имеет *производную* $f'(x_0)$ в точке x_0 , то в этой точке касательная существует и её уравнение имеет вид $y = y_0 + f'(x_0)(x - x_0)$. Всякая гладкая кривая имеет в каждой точке касательную. Выпуклая кривая лежит по одну сторону от каждой своей касательной.

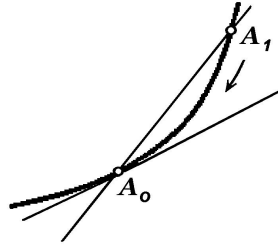


Рис. 62: Касательная

Если кривая на плоскости или в пространстве задана параметрически: $\vec{r} = \vec{r}(\tau)$, то уравнение касательной прямой имеет вид $\vec{R} = \vec{r}_0 + \mu \vec{r}'(\tau_0)$. Здесь τ — параметр кривой, $\vec{r}$ — *радиус-вектор* переменной точки кривой, $\vec{R}$ — радиус-вектор переменной точки касательной прямой, μ — параметр касательной, $\vec{r}_0 = \vec{r}(\tau_0)$ — точка касания, $\vec{r}'(\tau_0) = \frac{d}{d\tau} \vec{r}|_{\tau_0}$ — *касательный вектор*.

Прямая, касательная к поверхности в точке P , определяется как касательная прямая к какой-нибудь кривой, лежащей на поверхности и проходящей через точку P .

касательная плоскость / tangent plane // Tangentialebene f : плоскость, касательная к поверхности в точке касания P , определяется как плоскость, состоящая из всех прямых, *касательных* к поверхности в данной точке. Если поверхность задана уравнением $z = f(x, y)$ в *декартовых координатах*, то уравнение к.п. к поверхности в точке (x_0, y_0, z_0) имеет вид

$$z - z_0 = f'_x(x_0, y_0)(x - x_0) + f'_y(x_0, y_0)(y - y_0),$$

при условии, что *частные производные* $f'_x(x_0, y_0)$ и $f'_y(x_0, y_0)$ существуют. В случае задания поверхности более общим уравнением $F(x, y, z) = 0$, уравнение к.п. имеет вид

$$F'_x(x_0, y_0, z_0)(x - x_0) + F'_y(x_0, y_0, z_0)(y - y_0) + F'_z(x_0, y_0, z_0)(z - z_0) = 0.$$

Всякая гладкая поверхность имеет в каждой точке к.п. Выпуклая поверхность лежит по одну сторону от каждой своей к.п. Нормаль к поверхности

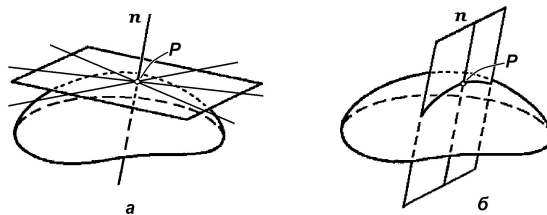


Рис. 63: а - касательная плоскость и нормаль, б - нормальное сечение

— перпендикуляр к к.п., проходящий через точку касания. См. также *нормальное сечение*.

касáтельный вéктор / tangent vector // Tangentenvektor m : вектор, направленный по *касательной* к кривой. Пусть кривая (плоская или пространственная) задана в параметрическом виде: $\vec{r} = \vec{r}(\tau)$, где τ — параметр, $\vec{r}$ — *радиус-вектор* точки кривой, тогда касательный вектор $\vec{t}$ определяется как производная $\frac{d}{d\tau}\vec{r}(\tau)$. Если при этом в качестве параметра τ взята *длина дуги* кривой s , то длина вектора $\vec{t}$ равна 1. В качестве касательного вектора обычно выбирают единичный вектор $\vec{t} = \frac{d}{ds}\vec{r}(s)$; этот вектор направлен по касательной к кривой в сторону возрастания s . Для пространственной кривой касательный вектор — один из трёх векторов *сопровождающего триэдра*.

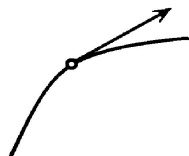


Рис. 64: Касательный вектор

каска́д / cascade // Kaskade f : в математике — *динамическая система* с дискретным временем. Пример каскада: последовательность чисел $x_0, x_1, x_2, \dots$, образуемая по рекуррентной формуле $x_{k+1} = f(x_k)$, с заданной функцией $f(x)$ и заданным начальным значением x_0 .

категóрия / category // Kategorie f : в алгебре — обобщение понятий *множества* и *отображения*. Каждая категория состоит из элементов двух классов, называемых классом объектов и классом морфизмов. Класс объектов категории $\mathcal{K}$ обозначается $\text{Ob } \mathcal{K}$, класс морфизмов $\text{Mor } \mathcal{K}$. Каждой упорядоченной паре объектов A, B в категории $\mathcal{K}$ сопоставляется множество $\text{Hom}(A, B)$ морфизмов (или отображений, или преобразований) от A к B ; говорят, что морфизм $f \in \text{Hom}(A, B)$ имеет начало A и конец B и пишут f_{AB} или $f : A \rightarrow B$. В множестве морфизмов вводится

операция «частичное умножение», или композиция: если f — морфизм от A к B , g — морфизм от B к C , то существует единственный морфизм h от A к C ; он называется композицией (или произведением) морфизмов f и g и обозначается gf или $g \circ f$. С каждым объектом $A \in \text{Ob } \mathcal{K}$ связан нейтральный, или единичный, морфизм $1_A : A \rightarrow A$, причём $1_A f_{XA} = f_{XA}$, $f_{AX} 1_A = f_{AX}$ для любого $X \in \text{Ob } (A, B)$.

Примеры категорий (указаны объекты и морфизмы): *множества и функции; группы и гомоморфизмы; подмножества евклидова пространства и перемещения; топологические пространства и непрерывные отображения.*

Для описания взаимосвязей различных категорий вводится понятие функтора. Функтор от категории $\mathcal{K}_1$ к категории $\mathcal{K}_2$ — это правило, которое сопоставляет каждому объекту A_1 категории $\mathcal{K}_1$ в точности один объект A_2 категории $\mathcal{K}_2$ и каждому морфизму $f_1 : A_1 \rightarrow B_1$ категории $\mathcal{K}_1$ в точности один морфизм $f_2 : A_2 \rightarrow B_2$ категории $\mathcal{K}_2$, причём каждой композиции морфизмов в $\mathcal{K}_1$ соответствует композиция морфизмов в $\mathcal{K}_2$, а единичному морфизму в $\mathcal{K}_1$ — единичный морфизм в $\mathcal{K}_2$.

ка́тет / leg // Kathete f : каждая из двух сторон прямого угла в прямоугольном треугольнике.

катио́н / cation // Kation n : положительно заряженный ион, возникающий из нейтрального атома при потере (удалении) одного или нескольких электронов.

като́д / cathode // Kathode f : электрод электронного или ионного прибора, соединяемый с отрицательным полюсом источника. Катодом также называют отрицательный электрод источника электрического тока (гальванического элемента, аккумулятора, генератора постоянного тока).

кату́шка / coil, spool, reel // Spule f : каркас с намотанными нитками или проводами. См. также *индукционная катушка*.

ка́устика / caustic, focal curve, caustic surface // Kaustik f , Kaustikfläche f : в физике (оптике): на плоскости — *огibaющая* семейства лучей, испущенных светящейся точкой и отражённых или преломлённых данной линией. Например, каустика параллельного пучка лучей, отражённых от полуокружности, — часть *эпициклоиды* (рис. 5); каустика пучка лучей, исходящих из точки A , лежащей в более плотной среде, и преломлённого на прямолинейной границе с менее плотной средой — часть *астроиды*.

В пространстве каустические поверхности представляют собой огibaющие семейств световых лучей, испущенных светящейся точкой и прошедших через оптическую систему, состоящую из отражающих и преломляющих поверхностей.

ка́федра / chair; department, sub-faculty // Lehrstuhl m : см. *заведующий кафедрой*.

каче́ние / rolling // Rollen n : вращательно-поступательное движение

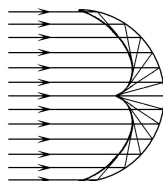


Рис. 65: Каустика

круглого предмета (цилиндра, конуса, колеса) по некоторому основанию (например, по плоской поверхности). При качении без проскальзывания точки касания катящегося предмета с неподвижным основанием имеют нулевую скорость.

ка́чественный / qualitative // qualitativ: «Качественная теория дифференциальных уравнений» — раздел теории дифференциальных уравнений, изучающий свойства решений *обыкновенных дифференциальных уравнений* без нахождения самих решений. См. *устойчивость* и *бифуркация*.

квадрант / quadrant // Quadrant *m*: одна из четырёх частей, на которые *координатные оси* делят плоскость. Первый квадрант образован положительными полуосями, далее квадранты нумеруют в положительном направлении (против часовой стрелки).

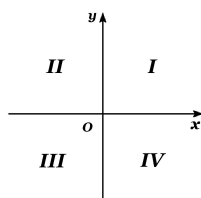


Рис. 66: Квадранты

квадρά́т / square // Quadrat *n*: 1) прямоугольник, все четыре стороны которого равны; 2) вторая степень числа: «3 квадрат равно 9» (т.е. $3^2 = 9$) / the square of 3 equals 9 // das Quadrat von 3 ist 9.

квадрати́чная фо́рма / quadratic form // quadratische Form: функция Φ переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, имеющая вид $\Phi = \sum_{i,k=1}^n a_{ik}x_ix_k$. Здесь a_{ik} — действительные числа (коэффициенты квадратичной формы), составляющие *матрицу* A квадратичной формы. Пусть $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)^T$ — вектор в *евклидовом пространстве* столбцов со скалярным произведением $(\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{i=1}^n x_iy_i$. Квадратичную форму Φ можно записать коротко в виде $\Phi = (A\vec{x}, \vec{x})$. Если все недиагональные элементы матрицы A равны нулю,

т.е. $a_{ik} = 0$ при $i \neq k$, то говорят, что квадратичная форма имеет *канонический вид*: $\Phi = \mu_1 x_1^2 + \mu_2 x_2^2 + \dots + \mu_n x_n^2$, где $\mu_i = a_{ii}$ (см. *приведение к каноническому виду*). Рассматриваются также квадратичные формы от *комплексных* переменных.

квадрати́чное отклоне́ние / squared error // quadratische Abweichung: квадратичное отклонение величин $x_1, x_2, \dots, x_n$ от числа a — это функция $d(a) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - a)^2}$. Наименьшее значение $d(a)$ имеет при $a = \bar{x}$, где $\bar{x}$ — среднее арифметическое данных величин, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$. В этом случае квадратичное отклонение может служить мерой рассеяния системы величин $x_1, \dots, x_n$.

квадра́тная ма́трица / square matrix // quadratische Matrix: *матрица*, у которой число строк равно числу столбцов.

квадра́тное уравне́ние / quadratic equation // quadratische Gleichung: *алгебраическое уравнение* 2-й степени, $ax^2 + bx + c = 0$. Здесь x — искомая величина («неизвестное»), a, b и c — заданные числа («коэффициенты»), $a \neq 0$. Формула для *корней* уравнения: $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. Дискриминант квадратного уравнения — выражение $D = b^2 - 4ac$. Квадратное уравнение с вещественными коэффициентами имеет при $D > 0$ два вещественных корня $x_{1,2}$, при $D = 0$ — один двойной корень $x = -\frac{b}{2a}$, при $D < 0$ — два *комплексных* корня $x_{1,2} = \frac{-b \pm i\sqrt{-D}}{2a}$.

квадра́тные ско́бки: см. *скобки*.

квадра́тный ко́рень / square root // Quadratwurzel f : обозначение $\sqrt{}$ для операции, обратной возведению в *квадрат*. В множестве *вещественных чисел* квадратный корень определяется следующим образом: пусть $a \geq 0$ и $b = a^2$, тогда $a = \sqrt{b}$. Вычисление квадратного корня называют иногда «извлечением квадратного корня». В множестве *комплексных чисел* квадратный корень из числа b определяется как любое (комплексное) число a , квадрат которого равен b . При этом у всякого ненулевого числа имеется два квадратных корня, отличающиеся знаком. Например, $\sqrt{4} = \pm 2$, $\sqrt{-4} = \pm 2i$, $\sqrt{2i} = \pm(1 + i)$.

квадра́тный метр [сокр. кв.м, м²] / square meter // Quadratmeter n : единица измерения площади, равная площади квадрата со стороной 1 м; 100 кв.м составляют 1 ар [сокр. а], или 1 сотку; 100 аров составляют 1 гектар [сокр. га]; 100 гектаров составляют 1 квадратный километр (сокр. кв.км).

квадра́тный трёхчле́н / quadratic polynomial, quadratic trinomial // quadratische Funktion: полином 2-й степени, т.е. функция от x вида $ax^2 + bx + c$.

квадрату́ра / quadrature // Quadratur f : синоним термина *определённый интеграл*. Обычно употребляется в теории *обыкновенных дифференциальных*

уравнений, когда речь идёт о возможности записать *общий интеграл* уравнения с помощью интегралов от выражения, зависящего от независимой переменной, и от выражения, зависящего от искомой функции.

квадрату́ра кру́га / quadrature of the circle // Quadratur des Kreises: задача о построении квадрата, равновеликого данному кругу. Одна из классических задач на точное построение циркулем и линейкой. Доказано, что эта задача неразрешима.

квадрату́рная фо́рмула / quadrature formula // Quadraturformel f : приближённая формула для вычисления определённого интеграла: $\int_a^b f(x) dx \approx \sum_{j=1}^N A_j f(x_j)$. Здесь $x_1, \dots, x_N$ — узлы, $A_1, \dots, A_N$ — коэффициенты квадратурной формулы, сумма в правой части формулы — квадратурная сумма. Нахождение приближённого значения интеграла сводится к вычислению квадратурной суммы; при этом значения узлов и коэффициентов берутся обычно из таблиц. Вывод квадратурных формул основан, как правило, на *интерполяции* — замене подынтегральной функции её *интерполяционным* многочленом. См. также *приближённое интегрирование*.

квадри́руемая о́бласть / squarable domain // quadrierbares Gebiet: область, *измеримая* по Жордану. *Область*, ограниченная *спрямляемой* кривой, квадратуема. Область, ограниченная произвольной замкнутой кривой, может быть не квадратуемой.

квадруполь / quadrupole // Quadrupol m : электрически нейтральная система заряженных частиц, которую можно рассматривать как совокупность двух *диполей* с равными по величине, но противоположно направленными дипольными моментами, расположенных на некотором (небольшом) расстоянии друг от друга. На больших расстояниях от квадруполя (по сравнению с его размерами) напряженность создаваемого им электрического поля убывает обратно пропорционально четвертой степени расстояния.

кваза́р / quasar [сокр. от: quasi-stellar radio source] // Quasar m , quasistellare Radioquelle: квазары, или квази-звёздные источники радиоизлучения, — космические объекты чрезвычайно малых угловых размеров, излучающие в десятки раз больше энергии, чем самые мощные *галактики*. Спектральные линии имеют значительное *красное смещение*, что говорит о большой удалённости квазаров от Солнечной системы.

квазидиагона́льная ма́трица / blocked diagonal matrix, quasi-diagonal matrix // zervallende Matrix, quasidiagonale Matrix: то же, что *блочно-диагональная матрица*.

квазикласси́ческий / quasi-classical // quasiklassisch, WKB=: квазиклассический (или полуклассический) метод в *квантовой механике* — метод построения приближенных решений *уравнения Шрёдингера*, применимый, когда квантовое и классическое описания движения частицы дают близкие результаты, а именно, когда *длина волны де Бройля* много меньше пространственных

масштабов неоднородностей силового поля, действующего на частицу. Метод впервые использован немецким физиком Г. Вентцелем (Georg Wentzel, 1898–1978), английским физиком Г. Крамерсом (Hendrick Anton Kramers, 1894–1952) и французским физиком Л. Бриллюэном (Léon Nicolas Brillouin, 1889–1969); он называется обычно «метод ВКБ». Метод ВКБ дает удовлетворительные результаты при больших значениях квантовых чисел, когда квазиклассическое описание движения квантовой частицы приближается к описанию движения классической частицы («принцип соответствия Бора»). В широком смысле квазиклассическое приближение — это *асимптотика* решений дифференциальных уравнений и систем, содержащих малый параметр при старших производных.

квазилинейное уравнение / quasi-linear equation // quasilineare Gleichung: дифференциальное уравнение с *частными производными*, линейное относительно старших производных. Пример квазилинейного уравнения второго порядка относительно неизвестной функции u :

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + u^2 = 0.$$

квазиполином, квазимногочлен / quasi-polynomial // Quasipolynom n ; spezielle Form der rechten Seite (einer Differentialgleichung): выражение вида $e^{\mu x} P(x)$, где $P(x) = b_m x^m + b_{m-1} x^{m-1} + \dots + b_1 x + b_0$. В теории *обыкновенных дифференциальных уравнений* квазиполиномы используются в качестве стандартной правой части *линейных уравнений* с постоянными коэффициентами.

квазистатический процесс (равновесный процесс) / quasi-static process // quasistatischer Prozess: в термодинамике — бесконечно медленный переход термодинамической системы из одного *равновесного состояния* в другое через последовательность равновесных состояний, при этом в любой момент времени состояние системы бесконечно мало отличается от равновесного. Для этого изменение физических параметров системы в ходе процесса должно происходить во много раз медленнее, чем установление равновесия. Всякий квазистатический процесс является обратимым, т.е. его можно провести в обратном направлении через ту же совокупность равновесных состояний.

квазистационарный ток / quasi-stationary current // quasistationärer Strom: относительно медленно изменяющийся переменный ток, для мгновенных значений которого с достаточной точностью выполняются законы постоянных токов (*закон Ома*, *законы Кирхгофа* и т.д.). Сила квазистационарного тока одинакова во всех сечениях неразветвленной цепи. В отличие от постоянного тока, при расчете квазистационарных токов необходимо учитывать

эде *электромагнитной индукции*, возникающую при изменениях тока. Условие квазистационарности для синусоидальных токов сводится к малости геометрических размеров электрической цепи по сравнению с длиной волны рассматриваемого тока.

квазиупругая сила / quasi-elastic force // quasielastische Kraft: в физике — сила, пропорциональная смещению из положения равновесия и направленная к этому положению. Название связано с тем, что аналогичным свойством обладают силы, возникающие при деформациях упругих тел (см. *закон Гука*), например, при растяжении (сжатии) пружины. Материальная точка, подверженная действию квазиупругой силы, будет совершать *гармонические колебания*, если ее вывести из состояния равновесия.

квазичастицы / quasi-particles // Quasiteilchen *pl*: *элементарные возбуждения* конденсированного вещества (твердого тела, жидкого гелия). В некоторых отношениях такие возбуждения ведут себя подобно квантовым частицам. Описание конденсированной среды с помощью понятия квазичастиц основано на том, что при низких температурах энергию возбуждения системы приближенно можно считать суммой энергий отдельных квазичастиц, т.е. рассматривать возбужденную систему как *идеальный газ* квазичастиц. Но в таком газе, в отличие от идеального газа обычных частиц, число частиц не сохраняется: квазичастицы могут возникать и исчезать, они имеют конечное время жизни. Равновесное число квазичастиц растет при повышении температуры. Квазичастицы, сопоставляемые колебаниям кристаллической решетки (звуковым волнам), называются *фононами*; колебаниям магнитных моментов атомов (спиновым волнам) — *магнонами*. Электроны проводимости и дырки в *полупроводниках* также являются квазичастицами.

квант / quantum // Quant *n*: квант света, или *фотон*, — одна из *элементарных частиц*. Стабилен, электрически нейтрален, масса покоя равна нулю, скорость $c = 299\,792\,458$ м/с. При излучении света атомы испускают фотоны, при поглощении света фотоны поглощаются атомами. Фотон обладает как корпускулярными, так и волновыми свойствами (см. *корпускулярно-волновой дуализм*). Энергия фотона E равна *постоянной Планка* h , умноженной на частоту ν колебаний, соответствующей данному фотону: $E = h\nu$, либо постоянной Планка $\hbar = h/2\pi$, умноженной на круговую частоту $\omega = 2\pi\nu$ колебаний: $E = \hbar\omega$.

квантиль / quantile // Quantil *n*: одна из числовых характеристик *распределения вероятностей* случайной величины. Для случайной величины X с функцией распределения $F(x)$ квантилью порядка p , $0 < p < 1$, называется число K_p такое, что $F(K_p) \leq p$, $F(K_p + 0) \geq p$. Если $F(x)$ — непрерывная строго монотонная функция, то K_p — единственное решение уравнения $F(x) = p$, т.е. K_p — функция, обратная для $F(x)$.

Квантиль $K_{\frac{1}{2}}$ называется *медианой* случайной величины X , квантили $K_{\frac{1}{4}}$ и $K_{\frac{3}{4}}$ — *квартилями*, квантили $K_{0,1}, K_{0,2}, \dots, K_{0,9}$ — *децилями*. Квантили *нормального распределения* и *распределения Стьюдента* используются в *математической статистике*, в частности, для построения *доверительных оценок* при *обработке наблюдений*.

квантовáние / quantization // Quantisierung f : в физике — переход от классического описания явления к квантовому.

квантовáть / quantize // quantisieren: переходить от классического описания явления к квантовому.

квáнтовая мехáника / quantum mechanics // Quantenmechanik f : раздел физики, устанавливающий способы описания и законы движения микрочастиц (элементарных частиц, атомов, молекул) и их систем (например, кристаллов). Законы квантовой механики дают основу для изучения строения вещества. Они объясняют строение атомов, природу химической связи, строение атомных ядер. Законы квантовой механики необходимы также для понимания большинства макроскопических явлений, в частности, для объяснения температурной зависимости теплоемкостей газов и твердых тел, для понимания строения кристаллов (металлов, диэлектриков, полупроводников) и объяснения их свойств. Только на основе квантовой механики можно последовательно объяснить такие явления, как *ферромагнетизм*, *сверхтекучесть*, *сверхпроводимость*.

квáнтовая óптика / quantum optics // Quantenoptik f : раздел статистической оптики, изучающий микроструктуру световых полей и оптические явления, связанные с квантовыми свойствами света. Особое значение в квантовой оптике имеет понятие *когерентности*. Нелазерные источники света по своим статистическим характеристикам подобны генераторам шума, создающим некогерентное излучение. Излучение *лазеров* по своим свойствам может приближаться к полностью когерентному свету, действие которого подобно классической монохроматической электромагнитной волне.

квáнтовая электрòдина́мика / quantum electrodynamics // Quantenelektrodynamik f : раздел теоретической физики, исследующий взаимодействие электромагнитных полей и заряженных частиц, в частности, процессы излучения и поглощения света, превращение *электрон-позитронных пар* в фотоны и обратно, и тому подобные явления. В настоящее время квантовая электродинамика рассматривается как составная часть единой теории слабого и *электромагнитного взаимодействий*.

квáнтовая электрòника / quantum electronics // Quantenelektronik f : область физики, изучающая методы усиления и генерации электромагнитных колебаний и волн, основанные на использовании *вынужденного излучения*. В радиодиапазоне квантовые генераторы (мазеры) отличаются высокой стабильностью частоты, а усилители — предельно низким уровнем шумов.

Практический интерес к оптическим квантовым генераторам — *лазерам* — обусловлен высокой *когерентностью* создаваемого ими излучения, что обеспечивает уникальную возможность концентрации его энергии в спектре (очень узкие, почти монохроматические спектральные линии), во времени (генерация сверхкоротких импульсов), в пространстве (возможность фокусировки в область размерами порядка длины световой волны), по направлению распространения (получение пучков с теоретически минимально возможной расходимостью). Благодаря лазерам возникли новые области науки и техники — нелинейная оптика, лазерная химия, голография, лазерная технология и др.

кв́антовое состояние / quantum state // Quantenzustand *m*: стационарное состояние атома с определенной энергией, находясь в котором атом не излучает. Каждому атому отвечает определенный набор дискретных *энергетических уровней*. Переход атома из одного стационарного состояния в другое происходит скачкообразно, при этом атом излучает или поглощает определенную порцию (*квант*) энергии. Существование стационарных состояний атомов было постулировано датским физиком Н. Бором в 1913 году в его теории атома водорода и впоследствии получило обоснование в квантовой механике.

кв́антовый перехо́д / quantum transition // Quantenübergang *m*: скачкообразное изменение состояния квантовой системы (атома, молекулы, атомного ядра, кристалла), переход из одного *квантового состояния* в другое.

кв́антор / quantor // Quantor *m*: общее название для логических операций, которые по *предикату* $P(x)$ строят *высказывание*, характеризующее область истинности предиката $P(x)$. Наиболее употребительные кванторы: квантор всеобщности $\forall$ и квантор существования $\exists$. Высказывание $\forall x P(x)$ означает, что область истинности предиката $P(x)$ совпадает с областью значений переменной x . Высказывание $\exists x P(x)$ означает, что область истинности предиката $P(x)$ непуста. Примеры: $\forall x, x \in [-1, 1]$ означает «для всех x на отрезке $[-1, 1]$ »; $\exists y, y > 0$ означает «существует положительное y ».

кв́арки / quarks // Quarks *pl*: гипотетические материальные объекты, из которых, по современным представлениям, состоят все *адроны* (т.е. элементарные частицы, участвующие в сильных взаимодействиях). Согласно кварковой гипотезе, барионы состоят из трех кварков (антибарионы — из трех антикварков), мезоны — из кварка и антикварка. Для того, чтобы все адроны можно было построить из кварков, последним необходимо приписать дробный барионный заряд ($\frac{1}{3}$), дробные электрические заряды ($\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{3}$ *элементарного заряда e*), ввести представление о «странных», «очарованных» и «красивых» частицах, а также приписать им новое квантовое число «цвет», которое может принимать три значения. Поэтому современная теория элементарных частиц, использующая представление

о кварках, получила название «квантовая хромодинамика». Хотя гипотеза кварков необходима для объяснения систематики и динамики адронов, кварки в свободном состоянии не были обнаружены, несмотря на многочисленные их поиски. Это дает основание считать, что здесь проявляется принципиально новое явление природы — так называемое «удержание» кварков (точнее, удержание «цвета»).

кв́арта 1 / quart // Quart *n*: единица объёма для жидких и сыпучих веществ в *английской системе единиц*; 1 кварта (1 qt) = 2 *пинтам*. В Великобритании 1 кварта = 1,136 *литра*; в США для жидких веществ 1 кварта = 0,946 *литра*, а для сыпучих — 1,12 *литра*.

кв́арта 2 / fourth // Quarte *f*: в музыке — интервал в 5 полутонов между двумя звуками, каждый из которых имеет определённую частоту; также — результат наложения двух звуков, частоты которых отличаются на 5 полутонов. При равномерном («темперированном») строе отношение частот двух звуков, составляющих кварту, равно $2^{5/12} \approx 1,3348398$. При натуральном строе у «чистой» кварты отношение частот в точности равно $4/3 \approx 1,3333333$.

кв́артер / quarter // Quarter *m*: единица объёма для сыпучих веществ в Великобритании; 1 квартал = 8 *бушелям* = 291 *литру*.

кв́атерни́он / quaternion // Quaternion *f*: кватернион, или гиперкомплексное число — обобщение понятия комплексного числа, введённое *Гамильтоном*. В отличие от обычных комплексных чисел, которые изображаются точками плоскости, кватернионам можно сопоставить точки 4-мерного пространства. Каждый кватернион можно записать в виде $X = x_0 \cdot 1 + x_1 \cdot i + x_2 \cdot j + x_3 \cdot k$, где $1, i, j, k$ — «базисные единицы», x_0, x_1, x_2, x_3 — действительные числа. Сложение *коммутативно* и *ассоциативно*, умножение основано на таблице умножения базисных единиц:

$$\begin{array}{llll} 1 \cdot 1 = 1 & 1 \cdot i = i & 1 \cdot j = j & 1 \cdot k = k \\ i \cdot 1 = i & i \cdot i = -1 & i \cdot j = k & i \cdot k = -j \\ j \cdot 1 = j & j \cdot i = -k & j \cdot j = -1 & j \cdot k = i \\ k \cdot 1 = k & k \cdot i = j & k \cdot j = -i & k \cdot k = -1 \end{array}$$

Умножение кватернионов *ассоциативно*, но не *коммутативно*.

кв́инта / fifth // Quinte *f*: в музыке — интервал в 7 полутонов между двумя звуками, каждый из которых имеет определённую частоту; также — результат наложения двух звуков, частоты которых отличаются на 7 полутонов. При равномерном («темперированном») строе отношение частот двух звуков, составляющих квинту, равно $2^{7/12} \approx 1,4983071$. При натуральном строе у «чистой» квинты отношение частот в точности равно $3/2 = 1,5$.

Кéльвин (William Thomson, Lord Kelvin of Largs, 1824–1907): шотландский физик. Внёс значительный вклад в оптику и термодинамику. Совместно с Джоулем открыл *эффект Джоуля–Томсона*. В честь Кельвина названа предложенная им *абсолютная шкала температур*.

кéльвин / Kelvin // Kelvin *n*: единица измерения температуры в *абсолютной шкале температур*. 1 градус Кельвина (1° K) равен 1 градусу Цельсия (1° C).

кибернэ́тика / cybernetics // Kybernetik *f*: наука об управлении, о связи и о переработке *информации* в технике, живых организмах и человеческом обществе. Основные положения сформулированы впервые *Винером* в книге «Кибернетика» (1948). Кибернетика представляет собой область знаний физико-математического профиля с собственным предметом исследования — кибернетическими системами (КС). Кибернетические системы представляют собой абстракцию (под информационным углом зрения) сложных систем, изучаемых широким спектром естественных, технических и социальных наук (под своими специфическими углами зрения). В простейшем случае КС состоит из одного элемента, представляющего собой набор из пяти объектов: входного сигнала $x(t)$, выходного сигнала $y(t)$, внутреннего состояния $z(t)$ и правил преобразования от $x(t)$ к $z(t)$ и от $z(t)$ к $y(t)$ (переменная t имеет смысл времени; преобразования могут включать в себя управление системой). Кибернетическая система может рассматриваться как преобразователь информации, перерабатывающий поток информации $x(t)$ в поток информации $y(t)$. Сложные КС могут состоять из большого числа элементов. Для КС рассматриваются разнообразные задачи: анализа, синтеза, оптимизации, декомпозиции, управления, надёжности. Основной метод кибернетики — т.н. метод машинного эксперимента, промежуточный между классическим дедуктивным и классическим экспериментальным методами. В этом методе сначала разрабатывают имитационную (информационную) модель изучаемой сложной системы, затем с этой моделью проводят компьютерные вычисления, заменяющие реальные натурные эксперименты. Большое развитие получили специализированные прикладные разделы кибернетики: кибернетика техническая, экономическая, биологическая, медицинская, военная. В языкознании применение математических и кибернетических методов привело к созданию математической лингвистики.

кило= / kilo= // Kilo=: приставка, означающая 1000, например, киловатт, километр, килограмм, килотонна. См. также *килобайт*.

килоба́йт [сокр: KB] / kilobyte, KB // Kilobyte, KB *n*: 1024 *байта*.

килова́тт / kilowatt // Kilowatt *n*: единица *мощности*, равная 1000 *ватт*. 1000 киловатт составляют 1 мегаватт.

килогра́мм / kilogram, kilogramme // Kilogramm *n*: единица массы, основная в СИ. Килограмм равен массе международного прототипа, хранимого

в международном бюро мер и весов (в Севре, близ Парижа). Прототип килограмма сделан из платиново-иридиевого сплава в виде цилиндрической гири диаметром и высотой 39 мм. Килограмм приблизительно равен массе 1 дм³ чистой воды при 4°C.

кинемáтика / kinematics // Kinematik *f*: раздел *механики*, изучающий движение тел без выяснения физических причин, вызывающих движение. Движение тел под действием сил изучается в *динамике*.

кинетическая энéргия / kinetic energy // kinetische Energie *f*: часть механической энергии тела или системы, зависящая от скоростей точек. В *классической механике* кинетическая энергия частицы, или *материальной точки*, находится по формуле $E_{\text{kin}} = mv^2/2$, где m — масса, $v = |\vec{v}|$ — скорость частицы.

Кинетическая энергия аддитивна: для системы частиц она равна сумме кинетических энергий отдельных частиц, $E_{\text{kin}} = \sum_{j=1}^n m_j v_j^2/2$. Изменение кинетической энергии системы при переходе из одного состояния в другое равно суммарной работе всех внешних и внутренних сил, действующих на частицы системы при перемещении из начального положения в конечное (теорема об изменении кинетической энергии).

В *релятивистской механике* кинетическая энергия частицы равна разности между её полной энергией и энергией покоя:

$$E_{\text{kin}} = mc^2 - m_0c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0c^2.$$

Здесь m_0 — масса покоя частицы, c — *скорость света*. Если $v \ll c$, то $1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8} \frac{v^4}{c^4}$, отсюда $mc^2 - m_0c^2 \approx \frac{1}{2} m_0 v^2 (1 + \frac{3}{4} \frac{v^2}{c^2})$, и при $v/c \rightarrow 0$ релятивистская формула даёт тот же результат, что и классическая.

кипéние / boiling // Sieden *n*: переход жидкости в пар (*фазовый переход* 1-го рода), происходящий с образованием пузырьков пара в объеме жидкости. Пузырьки растут за счет испарения жидкости внутрь пузырьков, всплывают на поверхность, и содержащийся в них *насыщенный пар* переходит в паровую фазу над жидкостью. Для поддержания кипения к жидкости нужно подводить теплоту, которая расходуется на парообразование и на совершение паром работы (против сил внешнего давления) при увеличении объема паровой фазы. Кипение может происходить при такой температуре (температуре кипения), когда давление насыщенного пара жидкости становится равным внешнему давлению на поверхность жидкости. Для роста образовавшегося в жидкости пузырька необходимо, чтобы давление пара в нем несколько превышало сумму внешнего давления на поверхность жидкости, гидростатического давления вышележащей

жидкости и капиллярного давления, которое зависит от кривизны поверхности пузырька. Это условие выполняется, когда жидкость нагревают до температуры, несколько превышающей температуру кипения. Соответствующий вид кипения (наиболее часто встречающийся в повседневной практике) называется пузырьковым.

Возможность перегрева чистой жидкости без кипения объясняется затрудненностью образования начальных маленьких пузырьков (зародышей). Когда перегретая жидкость вскипает, процесс протекает бурно, напоминая взрыв. Если же жидкость содержит растворенные газы и различные мельчайшие взвешенные частицы, то уже незначительный перегрев приводит к устойчивому спокойному кипению.

Кипение возможно не только при нагревании жидкости в условиях постоянного давления. Снижением внешнего давления при постоянной температуре можно также вызвать перегрев жидкости и её вскипание. Этим объясняется, в частности, явление *кавитации* — образование заполненных паром полостей в местах пониженного давления жидкости (например, в вихревой зоне за лопастями гребного винта судна).

Кирхгоф (Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887): немецкий физик. Исследования по электричеству (*законы Кирхгофа*), термодинамике, излучению света, совместное с Бунзеном (Robert Wilhelm Bunsen, 1811 – 1899) открытие спектрального анализа.

кислоро́д / oxygen // Sauerstoff *m*: газ, элемент *периодической системы химических элементов* (О, номер 8).

класс / class // Klasse *f*: 1) множество объектов, обладающих каким-либо специфическим признаком, например, «класс функций, непрерывных на интервале (a, b) », «класс млекопитающих»; 2) комната для учебных занятий; 3) учебная группа (в школе).

класс дифференцируемости, класс гладкости / differentiability class // Differenzierbarkeitsklasse *f*: понятие, характеризующее дифференцируемые функции (или отображения). Класс C^0 состоит из всех непрерывных функций, класс C^k из непрерывных функций, имеющих непрерывные производные до порядка k включительно, класс C^∞ из функций, имеющих непрерывные производные любого порядка.

класс эквивалентности / equivalence class // Äquivalenzklasse *f*: в теории *множеств*: класс эквивалентности элемента $y \in X$ в множестве X — подмножество всех элементов $x \in X$, эквивалентных элементу y ; см. *эквивалентность*.

классическая механика / classical mechanics // klassische Mechanik: *механика*, описывающая сравнительно медленные движения макроскопических тел. Движения со скоростями, сравнимыми со скоростью света, описываются релятивистской механикой (*механикой теории относительности*). Применимость

классической механики к движениям микрообъектов ограничивается *соотношениями неопределенностей* Гейзенберга, поэтому внутриатомные явления и движения элементарных частиц должны, как правило, описываться *квантовой механикой*.

В основе классической механики лежат три *закона Ньютона*. Первый закон (закон инерции, открыт *Галилеем*) в формулировке Ньютона гласит: «Всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние». Второй закон: «Изменение количества движения пропорционально приложенной силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует». Третий закон: «Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе, действия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны». Согласно современным представлениям, в этих законах под телом следует понимать *материальную точку*, а под движением — движение относительно *инерциальных систем отсчета*. Математическое выражение второго закона может быть представлено в следующем виде: сила $\vec{F}$, действующая на тело, масса которого m , сообщает ему ускорение $\vec{a}$, причем имеет место формула $\vec{F} = m\vec{a}$. См. также *законы Ньютона*.

кла́стер / cluster // Cluster *m*: комок, сгусток, скопление точек, частиц, однородных мелких объектов. В компьютерной технике — участок памяти на жёстком диске.

Клейн (Felix Klein, 1849–1925): немецкий математик, создатель «Эрлангенской программы (1872)», определившей во многом дальнейшее развитие геометрии.

клеточно-диагональная матрица: то же, что *блочно-диагональная матрица*.

кли́н / wedge // Keil *m*: в трёхмерном пространстве — *двугранный угол*, меньший 180° . В абстрактном *линейном пространстве* — множество векторов K такое, что если $\vec{x} \in K$, $\vec{y} \in K$, $\lambda \geq 0$, $\mu \geq 0$, то $\lambda\vec{x} + \mu\vec{y} \in K$.

ключевые слова́ / key words // Stichwörter *pl*: в научной публикации — опорные термины, по которым можно составить представление о содержании публикации. В некоторых журналах принято, чтобы перед текстом статьи автор давал перечень ключевых слов (обычно от 2 до 6 терминов).

коалицио́нная игра́ / cooperative game // kooperatives Spiel *n*: *игра*, в которой участники могут образовывать объединения (кооперации) по интересам.

ко́бальт / cobalt // Kobalt *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Co, номер 27)

Ковале́вская Софья Васильевна (1850–1891): российский математик, первая женщина — член-корреспондент Петербургской академии наук. Работы по теории *дифференциальных уравнений*, по механике и астрономии. Литературные произведения.

ковариантный / co-variant // kovariant: вектор $\vec{a}$ в евклидовом пространстве $\mathbf{R}^n$ называется ковариантным вектором, если его координаты относительно некоторой — вообще говоря, криволинейной — *координатной системы* (X) преобразуются при переходе к другой («новой») координатной системе (Y) ковариантно. Это означает следующее: пусть $(x^1, \dots, x^n)$ — координаты точки пространства $\mathbf{R}^n$ в «старой» системе (X) и $(y^1, \dots, y^n)$ — её координаты в новой системе (Y) , и пусть непрерывно дифференцируемые функции $x^i = x^i(y^1, \dots, y^n)$, $i = 1, \dots, n$, задают *взаимно-однозначную* связь новых и старых координат. Если при этом «старые» координаты $(a_1, \dots, a_n)$ вектора $\vec{a}$ преобразуются в новые координаты $(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$ по формуле (1):

$$(1) \quad \tilde{a}_i = \sum_{j=1}^n \frac{\partial x^j}{\partial y^i} a_j, \quad (2) \quad \tilde{b}^i = \sum_{j=1}^n \frac{\partial x^i}{\partial y^j} b^j,$$

то это преобразование и сам вектор $\vec{a}$ называются ковариантными. Примером ковариантного вектора служит *градиент* скалярной функции ϕ , поскольку

$$\frac{\partial \phi}{\partial y^i} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial x^j}{\partial y^i} \frac{\partial \phi}{\partial x^j}.$$

Формула (2) задаёт другой тип преобразований, называемый *контравариантным*; вектор $\vec{b}$ при этом тоже называется контравариантным. Координаты векторов называют также их компонентами; принято нумеровать компоненты векторов: ковариантных — нижними индексами, контравариантных — верхними индексами.

Примером контравариантного вектора служит вектор *скорости*: если материальная точка движется по кривой $\vec{x} = \vec{x}(t)$ в трёхмерном пространстве, то её скорость в координатной системе (X) имеет компоненты $\frac{dx^i}{dt}$, $i = 1, 2, 3$, а в системе (Y) компоненты $\frac{dy^i}{dt} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial y^i}{\partial x^j} \frac{dx^j}{dt}$.

ковариационная матрица / covariance matrix // Kovarianzmatrix f : для *случайных величин* $X_1, \dots, X_n$ (или, что то же, для n —мерного случайного вектора $\vec{X}$) при $n \geq 2$ вводится ковариационная матрица Σ , элементы которой равны *ковариациям* соответствующих пар случайных величин X_k : $\sigma_{ik} = \text{cov}(X_i, X_k)$, $i, k = 1, \dots, n$.

ковариация / covariance // Kovarianz f : в *теории вероятностей* — величина, характеризующая взаимосвязь двух *случайных величин*. Ковариация случайных величин X_1 и X_2 , имеющих *математические ожидания* соответственно MX_1 и MX_2 , определяется как математическое ожидание произведения отклонений этих величин от их математических ожиданий:

$$\text{cov}(X_1, X_2) = M((X_1 - MX_1) \cdot (X_2 - MX_2)).$$

Имеет место формула для *дисперсии* суммы случайных величин: $D(X_1 + X_2) = DX_1 + DX_2 + 2\text{cov}(X_1, X_2)$. Если случайные величины независимы, то их ковариация равна нулю. Для нескольких случайных величин вводится понятие *ковариационной матрицы*. См. также *коэффициент корреляции*.

когерентность / coherence // Kohärenz f : согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов, проявляющееся при их наложении. Примером полностью когерентных колебаний могут служить *гармонические колебания* одинаковой частоты, так как разность их фаз остается постоянной во времени, и амплитуда результирующего колебания не изменяется со временем. В действительности строго гармонические колебания неосуществимы; в реальных колебательных процессах, близких к гармоническим (квазигармоническим), амплитуда, частота и фаза колебаний претерпевают с течением времени сравнительно медленные хаотические изменения. Если, например, при неизменных частоте и амплитуде фазы двух колебаний φ_1 и φ_2 изменяются беспорядочно, но согласованно, так что при этом их разность $\varphi_1 - \varphi_2$ остается неизменной, то колебания когерентны, так как амплитуда результирующего колебания определяется разностью фаз и, следовательно, не меняется со временем. Если разность фаз двух колебаний изменяется очень медленно, то колебания остаются когерентными лишь в течение некоторого времени, пока их разность фаз не успевает измениться на величину, сравнимую с π .

Понятие когерентности играет важную роль в оптике. Оно возникло как характеристика способности света к *интерференции*. Например, свет, излучаемый газовым разрядом при низком давлении, имеет узкую спектральную линию и может быть близок к монохроматическому. Излучение такого источника представляет собой не бесконечную синусоидальную волну, а наложение длинных, но конечных отрезков синусоид (волновых пучков), испускаемых разными атомами независимо друг от друга (*спонтанное излучение*). В результате амплитуда и фаза суммарной световой волны хаотически изменяются, т.е. такое излучение, хотя и сосредоточено в сравнительно узком спектральном интервале, по сути представляет собой световой шум. Получить стационарную интерференционную картину с таким источником можно лишь предварительно разделив исходный свет на два пучка или несколько пучков, например, пропустив его через два близких отверстия в экране, как в опыте Юнга, либо путем отражения от полупрозрачного зеркала, как в интерферометре Майкельсона. Если полученные таким способом частично когерентные пучки свести вместе, то при не слишком большой разности хода между ними можно наблюдать чередующиеся в пространстве светлые и темные интерференционные полосы. Для этого разность хода не должна превышать так называемой длины когерентности, приблизительно равной длине волнового пучка от отдельного

атома.

В противоположность обычным источникам света, в *лазере* все атомы активной среды излучают световые пучки согласованно (*вынужденное излучение*), синфазно с вынуждающей световой волной, установившейся в резонаторе. Образующаяся в результате световая волна обладает очень высокой когерентностью. Именно благодаря высокой когерентности лазерного излучения можно сконцентрировать его энергию в пространстве (в области размером порядка длины волны), по направлению распространения, во времени (получить сверхкороткие световые импульсы), в спектре (получить очень узкие спектральные линии излучения).

когерéнтный / coherent // kohärent: обладающий свойством *когерентности*, например, когерентный свет.

код / code // Code *m*, Kode *m*: система правил, в соответствии с которой производится *кодирование* и декодирование. Для кодирования букв и других символов в *информатике* применяются стандартные коды, например, ASCII-Code, ANSI-Code, Unicode.

кодíрование / coding // Codierung *f*, Kodierung *f*: запись знаков одного алфавита с помощью знаков другого алфавита; обратная операция называется декодированием. Под алфавитом понимается конечный набор различных знаков, например, буквенный алфавит русского языка или двоичный алфавит, состоящий из двух цифр (0 и 1). В компьютерной технике кодирование производится обычно с помощью двоичного алфавита, см. также *двоичная система* счисления. Математическая теория кодирования и декодирования изучает, в частности, проблемы передачи закодированной информации при наличии ошибок и шумов в линии передачи.

колебáния / oscillation // Schwingungen *pl*, Oszillation *f*, Oszillationen *pl*: движения или процессы, обладающие той или иной степенью повторяемости во времени. По физической природе колебания принято подразделять на механические (например, колебания маятника, груза на пружине), электромагнитные (колебания тока или заряда конденсатора в электрическом контуре, световые колебания) и их комбинации (например, колебания в плазме). Колебания играют исключительно важную роль в технике, в природе, в жизни. Благодаря электромагнитным колебаниям (свет) и акустическим колебаниям (звук) мы получаем бо́льшую часть информации об окружающем мире.

По кинематическим признакам колебания подразделяются на периодические, среди которых важную роль играют *гармонические колебания*, характеризующиеся неизменной частотой и амплитудой (а также прямоугольные, пилообразные и др.), и непериодические, важным примером которых являются почти гармонические (квазигармонические), в частности, *затухающие колебания* и модулированные колебания (см. *модуляция*) с медленно изменяющейся

амплитудой, частотой либо фазой, а также короткие импульсы и пакеты.

По способу возбуждения колебания подразделяют на четыре основных вида: 1) свободные, или собственные колебания, которые происходят в предоставленной самой себе системе после некоторого первоначального возбуждения, выводящего систему из равновесия; 2) вынужденные колебания, происходящие в системе под действием периодической внешней силы; 3) параметрические колебания, возбуждаемые периодическим изменением какого-либо параметра системы (примером может служить раскачивание на качелях) и 4) автоколебания, при которых сохраняется неизменная амплитуда несмотря на рассеяние энергии (например, из-за трения) — компенсация потерь энергии происходит за счет постоянного источника, которым управляет сама колебательная система с помощью какого-либо механизма обратной связи (часовой механизм, генератор незатухающих электромагнитных колебаний).

Для описания колебаний используется математический аппарат *дифференциальных уравнений*. Колебательные системы называются линейными, если описывающие их дифференциальные уравнения линейны. Примеры линейных систем — груз на пружине (механический осциллятор) или материальная точка под действием квазиупругой силы, электрический *колебательный контур* из соединенных проводами конденсатора и катушки индуктивности. К таким системам применим принцип суперпозиции. Пример нелинейной системы — *маятник* в поле тяжести (при больших отклонениях от равновесия, когда возвращающая сила пропорциональна синусу угла отклонения).

колебательный контур / oscillatory circuit // Schwingungskreis *m*: электрическая цепь, содержащая катушку индуктивности L , конденсатор ёмкости C и резистор сопротивлением R (роль которого могут играть соединительные провода или провод катушки). В отсутствие потерь (при $R = 0$) свободные колебания заряда конденсатора и квазистационарного тока в контуре происходят по гармоническому закону. Дважды за период энергия электрического поля в конденсаторе превращается в энергию магнитного поля в катушке и обратно. Период собственных колебаний определяется формулой Томсона $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. При отличном от нуля сопротивлении собственные колебания затухают из-за джоулевых потерь, при этом амплитуда колебаний убывает по экспоненциальному закону с постоянной времени $\tau = R/(2L)$.

колеблющееся решение / oscillating solution // schwingende Lösung: колеблющееся решение *обыкновенного дифференциального уравнения* — решение, имеющее нули как угодно далеко на действительной оси.

колесо / wheel // Rad *n*: предмет из твёрдого материала в форме круга, который может вращаться вокруг оси, проходящей через центр круга перпендикулярно плоскости круга.

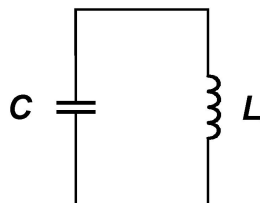


Рис. 67: Колебательный контур

количественный / quantitative // quantitativ: характеризуемый количеством (числом), например, длина предмета — количественная характеристика его протяжённости.

количество 1) number, quantity // Anzahl *f*: число элементов конечного множества, например, «количество полученных писем превысило сотню»; 2) amount, quantity // Quantität *f*, Menge *f*: характеристика, показывающая, сколько вещества участвует в обсуждаемом явлении. Например, «при аварии танкера большое количество нефти вылилось в море».

количество вещества / amount of matter // Stoffmenge *f*: в системе единиц СИ одна из семи основных физических величин. За единицу количества вещества принят *моль*. Число молекул (атомов, ионов или каких-либо других структурных элементов вещества), содержащихся в одном моле, равно *постоянной Авогадро* $N_A = 6,0220 \text{ моль}^{-1}$.

коллэктор / collector // Kollektor *m*: в физике и технике — один из двух наружных слоёв *биполярного транзистора*.

коллэкция / collection // Sammlung *f*: множество предметов, собранных по какому-либо признаку.

коллиматор / collimator // Kollimator *m*: оптическое устройство для получения пучков параллельных лучей. Коллиматоры применяются, в частности, в спектральных приборах для формирования пучков света, направляемых в диспергирующую систему (призму, дифракционную решётку), в интерферометрах разного назначения и т.п.

коллинеарность / collinearity // Kollinearität *f*: свойство векторов быть *коллинеарными*.

коллинеарный / collinear // kollinear: в *аналитической геометрии*: два *вектора* $\vec{a}$ и $\vec{b}$ называются коллинеарными, если они лежат на одной прямой или на параллельных прямых. Коллинеарные векторы отличаются друг от друга числовым множителем: если $\vec{a} \neq \vec{0}$, то $\vec{b} = \mu \vec{a}$. Нулевой вектор $\vec{0}$, по определению, коллинеарен любому вектору. Необходимое и достаточное условие коллинеарности векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$ — их *векторное произведение* равно нулю: $\vec{a} \times \vec{b} = \vec{0}$.

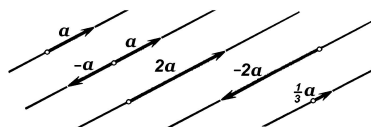


Рис. 68: Коллинеарные векторы

коллока́ция / collocation // Kollokation *f*: метод коллокации — метод приближённого решения линейных *интегральных уравнений*. К уравнению Фредгольма 2-го рода $y(x) = f(x) + \int_a^b K(x, \xi)y(\xi) d\xi$ метод коллокации применяется следующим образом: пользуясь *квадратурной формулой*, заменяем интеграл $I(x) = \int_a^b K(x, \xi)y(\xi) d\xi$ приближённо квадратурной суммой: $I(x) \approx \sum_{j=1}^n A_j K(x, t_j)y(t_j)$, где $t_j \in [a, b]$ — узлы, A_j — коэффициенты квадратурной формулы. Рассматривая полученное приближённое равенство $y(x) \approx f(x) + \sum_{j=1}^n A_j K(x, t_j)y(t_j)$ (*) в точках $t_1, \dots, t_n$, т.е. в узлах квадратурной формулы, приходим к линейной алгебраической системе $y(t_i) = f(t_i) + \sum_{j=1}^n A_j K(t_i, t_j)y(t_j)$ для неизвестных $y(t_1), \dots, y(t_n)$, через которые искомая функция $y(x)$ выражается по формуле (*).

колло́квиум / colloquium // Kolloquium *n*: беседа преподавателя с учащимися (обычно в высшем учебном заведении) для выяснения их знаний; научное собрание, где заслушиваются и обсуждаются доклады.

Колмогóров Андрей Николаевич (1903–1987): российский математик. Фундаментальные труды по *теории вероятностей* («аксиоматика Колмогорова»), теории *информации*, теории функций, *топологии* и *математической логике*.

колоколоо́бразный / bell-shaped // glockenförmig: имеющий форму колокола, например, кривая, уравнение которой в *декартовых координатах* $y = e^{-x^2}$.

кольцео́бразная о́бласть / annular domain, ring-shaped domain // ringförmiges Gebiet: плоская *двусвязная* область, граница которой состоит из двух *простых замкнутых контуров*, например, область между двумя *эллипсами*: $1 < x^2 + 4y^2 < 4$.

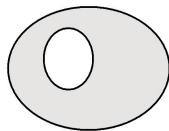


Рис. 69: Кольцеобразная область

ко́льца Нью́тона / Newton rings // Newtonsche Ringe: чередующиеся

тёмные и светлые концентрические кольца, возникающие при отражениях света от плоской стеклянной пластинки и прилегающей к ней внешней поверхности слабовыпуклой линзы, положенной на пластинку. Кольца Ньютона представляют собой частный случай полос равной толщины, контуры которых проходят по поверхности тонкой плёнки (например, бензина на поверхности воды) или зазора между двумя отражающими поверхностями вдоль мест одинаковой толщины плёнки или зазора. Радиус n -го темного кольца: $r_n = \sqrt{n\lambda R}$, где λ — длина волны света, R — радиус кривизны линзы. Причина возникновения колец — *интерференция* света. Явление открыто *Ньютоном*.

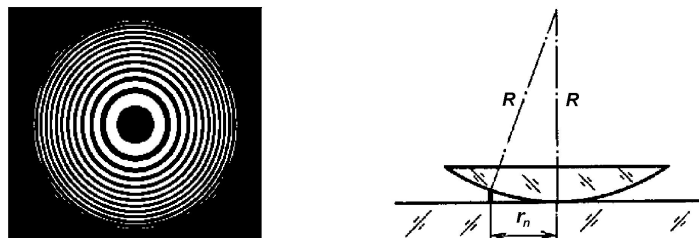


Рис. 70: Кольца Ньютона

кольцо́ 1 / ring // Ring m : в геометрии — плоская область, ограниченная двумя окружностями, имеющими общий центр.

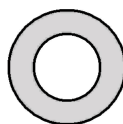


Рис. 71: Кольцо

кольцо́ 2 / ring // Ring m : в алгебре — множество K , в котором заданы две операции, называемые обычно сложением и умножением, причём по сложению это множество является *абелевой группой*, а умножение связано со сложением законами дистрибутивности: $a(b+c) = ab+ac$, $(b+c)a = ba+ca$ для любых элементов a, b, c множества K . Если умножение ассоциативно, т.е. $a(bc) = (ab)c$, то кольцо называется ассоциативным; пример — кольцо квадратных *матриц* заданного порядка. Если умножение коммутативно, т.е. $ab = ba$, то кольцо называется коммутативным; примеры — множество *целых чисел*, множество *действительных чисел*, множество *комплексных чисел*, множество *многочленов*. Если в кольце K существует

такой элемент 1, что $1 \cdot x = x \cdot 1 = x$ для любых $x \in K$, то он называется единицей; в кольце квадратных матриц единицей является единичная матрица. Ассоциативно-коммутативное кольцо K с единицей называется полем, если по умножению K является *группой*. Примеры полей: поле *рациональных чисел*, поле действительных чисел, поле комплексных чисел.

комáнда 1 / command, order, instruction // Befehl m : в *программировании* — предписание выполнить какое-либо (стандартное) действие, например, перейти в указанное место программы.

комáнда 2 / team, staff // Mannschaft f , Kommando n , Team n : группа людей, совместно выполняющих какое-либо задание (футбольная команда, команда корабля и т.п.)

комбинаторика / combinatorics, theory of combinations, combinatorial analysis // Kombinatorik f , kombinatorische Analysis: раздел математики, посвящённый решению задач выбора и расположения элементов конечных *множеств* в соответствии с заданными правилами. Простейшие комбинаторные конфигурации, или комбинации — *перестановки, размещения, сочетания*.

комбинаторный / combinatorial // kombinatorisch: связанный с *комбинаторикой*.

комбина́ция / combination // Kombination f : соединение, см. *перестановка, размещение, сочетание*.

коме́ты / comets // Kometen pl : тела Солнечной системы, наблюдающиеся время от времени на небе в виде перемещающихся относительно звезд туманных объектов со светлым ядром. У наиболее ярких комет имеются хвосты, вытянутые в сторону, противоположную Солнцу. Длина хвоста может достигать сотен тысяч километров. Под влиянием солнечного тяготения кометные ядра движутся около Солнца по *коническим сечениям*. Около 80% всех изученных комет имеют орбиты с эксцентриситетами, близкими к единице (от 0,99 до 1,01). Из-за возмущающего действия больших планет сильно вытянутые эллиптические орбиты приближающихся к Солнцу комет могут превратиться в разомкнутые гиперболические. Возможно также превращение сильно вытянутой долгопериодической кометной орбиты в короткопериодическую. Из короткопериодических наиболее известна комета, названная именем английского астронома Э. Галлея (Edmund Halley, 1656–1742). Комета Галлея возвращается в окрестность Солнца в среднем через 76 лет. Последний ее визит к Солнцу состоялся в 1986 г. Вопрос о происхождении комет остается открытым.

комиссия / committee, comission // Kommission f , Ausschuss m : комитет, совет, объединение (обычно временное) специалистов, приглашенных для изучения какого-либо вопроса и выработки рекомендаций по его решению.

комментáрий / comment, commentary, remark // Kommentar m , Erläuterung f : вспомогательный текст, дополнение, замечание, имеющее целью уточнить понимание основного текста.

коммутативная группа, абелева группа / commutative group, abelian group // kommutative Gruppe, abelsche Gruppe: *группа* G , операция в которой коммутативна: $a * b = b * a$ для любых $a, b \in G$. Примеры коммутативных групп: группа *действительных чисел*, не равных нулю, с операцией умножения; группа *матриц* фиксированного порядка, с операцией матричного сложения; группа вращений на плоскости вокруг неподвижной точки; группа вращений трёхмерного пространства вокруг неподвижной оси. Группа вращений трёхмерного пространства вокруг неподвижной точки не коммутативна.

коммутативный / commutative // kommutativ: обладающий перестановочным свойством. Говорят, что операция $*$ коммутативна, если результат не зависит от порядка операндов: $a * b = b * a$. Коммутативны, например: сложение, умножение *действительных* или *комплексных чисел*; сложение, скалярное умножение *векторов*; сложение *матриц*. Некоммутативны, например: *векторное умножение* векторов, умножение матриц, умножение *кватернионов*.

коммутатор / commutator // Kommutator m : для двух квадратных матриц A и B коммутатор K определяется формулой $K = AB - BA$; вообще говоря, $K \neq O$. Для *операторов* A и B в *банаховом пространстве* коммутатор определяется аналогично: $K = AB - BA$. Коммутатор иногда обозначают $\{A, B\}$.

коммутировать / commute // kommutieren: говорят, что две матрицы (или два оператора) коммутируют, если их *коммутатор* равен нулю. Вместо слова «коммутируют» употребительно также слово «перестановочны».

компáктное мнóжество / compact set // kompakte Menge: подмножество $M \subseteq X$ *топологического пространства* X называется компактным множеством, если каждая содержащаяся в нём бесконечная последовательность $\{x_k\}$, $x_k \in M$, $k = 1, 2, \dots$, содержит подпоследовательность, сходящуюся к некоторой точке x_0 пространства X . В *евклидовом пространстве* всякое ограниченное замкнутое множество является компактным, например, отрезок, окружность, кольцо, параллелепипед, шар, сфера.

компáктность / compactness // Kompaktheit f : свойство множества (оператора) быть *компактным множеством* (соответственно, *компактным оператором*).

компáктный оперáтор / compact operator // kompakter Operator: компактный *линейный оператор* в *банаховом пространстве* — то же, что *вполне непрерывный оператор*.

компилятор / compiler // Compiler m : специальная компьютерная программа, переводящая программу, написанную на одном из *языков программирования* высокого уровня, в «машинную» программу на внутреннем языке компьютера.

компланарность / coplanarity, coplanarity // Komplanarität f : три вектора $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ в трёхмерном пространстве называются компланарными, если они лежат в одной плоскости или в параллельных плоскостях. Компланарность векторов означает их *линейную зависимость*: $\alpha\vec{A} + \beta\vec{B} + \gamma\vec{C} = \vec{0}$, где (действительные) числа α, β, γ не все равны нулю, т.е. $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 \neq 0$. Необходимое и достаточное условие компланарности векторов $\vec{A}, \vec{B}$ и $\vec{C}$: их *смешанное произведение* равно нулю, $\vec{A} \vec{B} \vec{C} = 0$.

комплекс / complex, system // Komplex m : система, совокупность связанных между собой объектов, объединённых в одно целое по местоположению или назначению, например, комплекс сооружений по защите от наводнений.

комплексная переменная, комплексное переменное / complex variable // komplexe Variable: переменная величина, значения которой — *комплексные числа*. Функция комплексного переменного — *функция*, аргумент которой принимает значения из множества *комплексных чисел*.

комплексная плоскость / complex plane // komplexe Zahlenebene: плоскость с прямоугольной *координатной системой* Oxy , причем множеству точек плоскости поставлено во *взаимно-однозначное соответствие* множество *комплексных чисел*, а именно, точке (x, y) соответствует число $x + iy$. См. также *расширенная комплексная плоскость*.

комплексное число / complex number // komplexe Zahl: обобщение понятия *вещественного числа*. Комплексные числа обычно записывают в виде $x + iy$, где x и y — вещественные числа, i — так называемая мнимая единица, т.е. комплексное число, обладающее свойством $i^2 = -1$.

Строгое определение комплексных чисел таково: рассматриваются пары (x, y) вещественных чисел x и y , над которыми предусмотрены следующие правила действий: 1) сложение: $(x_1, y_1) + (x_2, y_2) = (x_1 + x_2, y_1 + y_2)$; 2) умножение: $(x_1, y_1) \cdot (x_2, y_2) = (x_1x_2 - y_1y_2, x_1y_2 + y_1x_2)$. Вещественное число x называется вещественной (или действительной) частью комплексного числа $z = (x, y)$, а вещественное число y — его мнимой частью. Обозначения: $x = \operatorname{Re} z$, $y = \operatorname{Im} z$. Подчеркнём, что мнимая часть комплексного числа — вещественное число. Комплексное число вида $(x, 0)$ отождествляется с вещественным числом x .

Геометрическая интерпретация комплексных чисел: на плоскости, снабжённой прямоугольной системой координат Oxy , числу (a, b) сопоставляется точка (a, b) или вектор с началом в начале координат и концом в точке (a, b) . Комплексное число $(x, -y)$ называется числом, сопряжённым с числом $z = (x, y)$; оно обозначается символом $\bar{z}$. Числа вида $(0, y)$ называются чисто мнимыми. Число $(0, 1)$ называется мнимой единицей и обозначается буквой i (в электро-радиотехнике — буквой j). Отметим, что, как вытекает из определения умножения комплексных чисел, $i^2 = -1$ (в отличие от

множества вещественных чисел, где квадрат любого числа неотрицателен). Число $(0, 0)$ называется нулём. Комплексное число $z = (x, y)$ имеет модуль $r = |z|$ и аргумент $\phi = \arg z$, причем $|z| = \sqrt{x^2 + y^2} \geq 0$, $x = |z| \cos \phi$, $y = |z| \sin \phi$ (аргумент нулевого комплексного числа можно считать произвольным). Комплексное число $z = (x, y)$ можно представить в следующих формах: 1) алгебраическая форма: $z = x + iy$; 2) тригонометрическая форма: $z = |z| (\cos \phi + i \sin \phi)$, где $\phi = \arg z$; 3) показательная форма: $z = re^{i\phi}$.

Множество комплексных чисел обозначают $\mathbf{C}$. Это множество, как и множество вещественных чисел $\mathbf{R}$, есть *поле* (2), причём $\mathbf{R} \subset \mathbf{C}$. В поле $\mathbf{C}$, в отличие от $\mathbf{R}$, любое *алгебраическое уравнение* имеет корни, например, $z^2 = -1$ имеет корни $z = i$, $z = -i$.

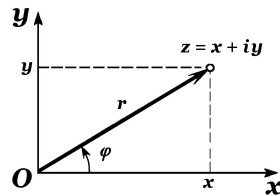


Рис. 72: Комплексное число $z = a + ib = r(\cos \phi + i \sin \phi)$

комплекснозначная функция / complex-valued function // komplexwertige Funktion: функция $f(x)$, определённая на каком-либо множестве точек вещественной оси и принимающая, вообще говоря, комплексные значения. Таковы, например, функции $(1 + ix)^2$, e^{ix} , $\sin(ix)$.

комплексно-сопряжённая матрица / complex conjugate of a matrix // komplex konjugierte Matrix: матрица B с элементами b_{kl} называется комплексно-сопряжённой матрицей по отношению к матрице A с элементами a_{kl} , если $b_{kl} = \bar{a}_{kl}$. Обозначение: $B = \bar{A}$.

комплексный интеграл, интеграл в комплексной области / integral in the complex domain // komplexes Kurvenintegral: обобщение понятия *определённого интеграла*. Пусть γ — контур на *комплексной плоскости* z , т.е. *спрямляемая кривая*, имеющая начальную точку a и конечную точку b , и пусть $f(z)$ — функция, заданная во всех точках контура. Разобьём контур произвольно выбранными точками деления $z_1, \dots, z_{n-1}$ на части $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ и положим $z_0 = a$, $z_n = b$.

На каждой частичной дуге γ_k произвольно выберем вспомогательную точку ζ_k и составим интегральную сумму: $\sum_{k=1}^n f(\zeta_k) \Delta_k$, где $\Delta_k = z_k - z_{k-1}$. Если существует конечный предел интегральных сумм при $n \rightarrow \infty$, причём наибольшая из хорд дуг γ_k стремится к нулю, $\max_{1 \leq k \leq n} |\Delta_k| \rightarrow 0$,

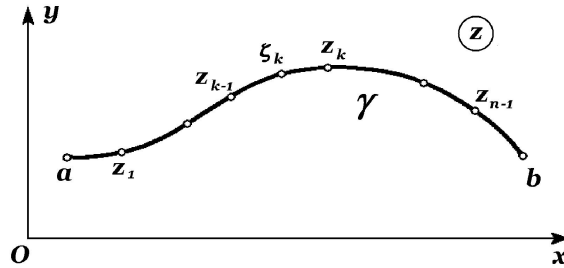


Рис. 73: К определению комплексного интеграла

и если этот предел не зависит от выбора точек деления и точек ζ_k , то он называется (комплексным) интегралом от функции $f(z)$ по контуру γ и обозначается $\int_{\gamma} f(z) dz$. Интеграл по замкнутому контуру обозначают $\oint_{\gamma} f(z) dz$. Для существования интеграла достаточно, чтобы подынтегральная функция была непрерывна. Комплексный интеграл связан с *криволинейными интегралами* от вещественной и мнимой частей функции:

$$\int_{\gamma} f(z) dz = \int_{\gamma} u dx - v dy + i \int_{\gamma} u dy + v dx,$$

где $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, $z = x + iy$. Часто бывают полезны следующие оценки интеграла: пусть L_{γ} — длина контура γ , $M = \max_{z \in \gamma} |f(z)|$, тогда справедливы неравенства: $|\int_{\gamma} f(z) dz| \leq \int_{\gamma} |f(z)| ds \leq ML_{\gamma}$. О вычислении интегралов по замкнутому контуру см. *теорема вычетов*.

компози́ция / composition // Komposition f : композиция $g \circ f$ двух отображений (двух функций) $x = f(t)$ и $y = g(x)$ — сложное отображение (сложная функция): $y = (g \circ f)(t) = g(f(t))$. Иногда вместо термина «композиция» употребляют термин «суперпозиция».

компо́нент, компо́нента / component // Komponente f : составная часть, составляющая, одна из частей целого, являющегося объединением (суммой) нескольких составляющих. См. также *тензор*.

компью́тер / computer // Computer m , Rechner m : вычислительная машина.

конвеќция / convection // Konvektion f : перенос внутренней энергии в жидкостях и газах потоками вещества. Естественная конвекция возникает при неравномерном нагреве (нагреве снизу) текучих веществ в поле силы тяжести. При нагревании плотность вещества уменьшается, и под действием архимедовой силы возникает поток вещества в направлении, противоположном силе тяжести. Конвекция приводит к выравниванию температуры вещества. При непрерывном подводе теплоты к веществу в нем возникают стационарные

конвекционные потоки. Конвекция широко распространена в природе: в нижней атмосфере Земли, в океане, в звездах.

конволюция: то же, что *свёртка*.

конгруэнтность / congruence // Kongruenz f : в геометрии — равенство фигур, понимаемое как возможность их совместить при соответствующем *перемещении* в пространстве.

конденсатор / capacitor // Kondensator m : в физике и технике — накопитель электрического заряда. Простейший конденсатор состоит из двух обкладок (металлических пластин или лент), разделённых слоем диэлектрика. Ёмкость (*электроёмкость*) конденсатора — характеристика, показывающая, на сколько изменяется разность потенциалов на его обкладках при изменении заряда на 1 кулон. Формула ёмкости плоского конденсатора: $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ (СИ), $C = \epsilon S/(4\pi d)$ (гауссова система СГС), где S — площадь одной из пластин, d — расстояние между пластинами, ϵ — *диэлектрическая проницаемость* диэлектрика, заполняющего пространство между пластинами, ϵ_0 — *электрическая постоянная*.

конденсация / condensation // Kondensation f : переход вещества из газообразного состояния в конденсированное (жидкое или твердое), происходящий при охлаждении либо сжатии. Конденсация, как и испарение, представляет собой *фазовый переход* первого рода. При конденсации выделяется такое же количество теплоты, какое необходимо подвести к конденсированному веществу для его испарения (*скрытая теплота парообразования*). Атмосферные осадки (дождь, роса, туман, снег) — следствие конденсации водяного пара в атмосфере. Конденсация пара возможна только при температурах ниже *критической температуры* данного вещества. В пересыщенном паре конденсация (образование капелек жидкости) происходит на центрах конденсации (зародышах), которыми могут служить, например, ионы, образующиеся при прохождении через пар заряженных частиц высокой энергии. В результате заряженная частица оставляет за собой след (трек) в виде мельчайших капелек жидкости. На таком принципе действует *камера Вильсона*.

конёц / end, endpoint // Ende n , Schluss m : завершение, окончание чего-либо: доказательства, главы, книги, работы, пути, периода времени и т. д. «Билет в один конёц» / one way ticket // eine Karte hin /// «В оба конца» / there and back // hin und zurück.

конёчное приращение / (finite) increment // Zuwachs m , Inkrement n : *формулу Лагранжа* $y(x + \Delta x) - y(x) = y'(\xi) \Delta x$, где ξ — некоторая точка между x и $x + \Delta x$, называют также формулой конечных приращений, поскольку эта формула связывает конечные (не бесконечно малые) приращения функции $\Delta y = y(x + \Delta x) - y(x)$ и аргумента Δx .

конёчно-значный / finite-valued // endlichwertig: в теории *аналитических*

функций конечно-значная функция — многозначная аналитическая функция, принимающая в каждой точке конечное множество значений. Например, функция $\sqrt{z}$ двузначная, $z^{\frac{1}{n}}$ — n -значная, $\ln z$ — бесконечно-значная. *Риманова поверхность*, на которой определена n -значная функция, состоит из n листов, а сама функция имеет n однозначных ветвей, причем каждая ветвь определена на своём листе.

конечнократный / of finite multiplicity // von endlicher Vielfachheit: говорят, что собственное значение *оператора* конечнократно, если его *кратность* конечна. *Точечный спектр* оператора называется конечнократным, если все *собственные значения* имеют конечную кратность. Точечный спектр *обыкновенных дифференциальных операторов* может быть только конечнократным. Дифференциальные операторы с *частными производными* могут иметь собственные значения бесконечной кратности.

конечнолиственный / finite-sheeted // endlichblättrig: *риманова поверхность* аналитической функции конечнолисна, если она состоит из конечного числа листов. Аналитическая функция $w = f(z)$ конечнолисна, если каждое своё значение она принимает конечное число раз, то есть для каждого числа w из области значений функции f уравнение $f(z) = w$ имеет конечное множество решений. Например, функции z^2 и $z^{2/3}$ конечнолисны, а функция e^z бесконечнолисна.

конечномерный / finite-dimensional // endlichdimensional: *векторное пространство* называется конечномерным, если *базис* этого пространства состоит из конечного числа векторов. *Евклидово пространство* конечномерно по определению, пространство многочленов степени не выше n конечномерно (точнее, $(n+1)$ -мерно). Пространство непрерывных функций бесконечномерно.

конечно-разностный / finite difference, difference // Differenzen=: конечно-разностный (или разностный, или сеточный) метод приближённого решения *дифференциальных уравнений* основан на замене производных их разностными приближениями («аппроксимациями»). Для аппроксимации производных на отрезке $[0, l]$ разобьём этот отрезок на n частей длины $h = l/n$; точки деления («внутренние узлы») обозначим $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ и положим дополнительно $x_0 = 0, x_n = l$. Первая производная $y'(x_k)$ искомой функции $y(x)$ в точке x_k приближённо равна разностному отношению $\frac{y_k - y_{k-1}}{h}$, где $y_k = y(x_k)$, $k = 1, \dots, n$. Для второй производной $y''(x_k)$ можно воспользоваться формулой $\frac{y_{k+1} - 2y_k + y_{k-1}}{h^2}$ при $k = 1, \dots, n-1$. На этом пути задача решения дифференциального уравнения (с начальными или граничными условиями) сводится приближённо к задаче решения *системы линейных алгебраических уравнений* для y_k . Конечно-разностный метод применяется и к уравнениям с *частными производными*.

коническая поверхность / conic surface // Kegelfläche f : результат

непрерывного движения в пространстве прямой линии l , проходящей через неподвижную точку O — вершину (vertex // Scheitel m), и пересекающую плоскую кривую γ , плоскость которой не содержит точки O , причём точка пересечения пробегает кривую γ . Прямая l называется образующей (generating line, generatrix // Erzeugende f), кривая γ — направляющей (directrix // Leitkurve f) конической поверхности. Если направляющая — окружность, а вершина лежит на перпендикуляре к плоскости, проведённом через центр окружности, то поверхность называется круговой конической поверхностью.

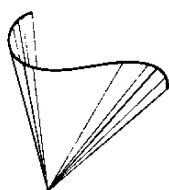


Рис. 74: Коническая поверхность

конический маятник / conical pendulum // Kegelpendel n , Kreispendel n : материальная точка на нерастяжимой нити в поле тяжести, которая движется по окружности в горизонтальной плоскости. При таком движении нить маятника описывает в пространстве круговой конус.

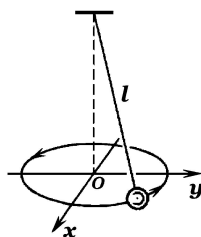


Рис. 75: Конический маятник

коническое сечение / conic section // Kegelschnitt m : пересечение круговой конической поверхности и плоскости. В зависимости от взаимного положения плоскости и конической поверхности в сечении получаются окружность, эллипс, парабола или гипербола, а также вырожденные сечения — две прямые, одна прямая, точка. Возможные траектории движения материальной точки под действием центральной силы, обратно пропорциональной

квадрату расстояния (кулоновской силы, силы тяготения) представляют собой конические сечения.

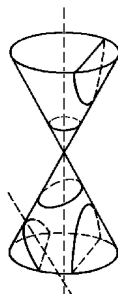


Рис. 76: Конические сечения

консервативная сила, потенциальная сила / conservative force, potential force // konservative Kraft: сила, работа которой зависит только от начального и конечного положения материальной точки, и не зависит ни от траектории, ни от закона движения точки по этой траектории. Такую силу обычно называют консервативной, а соответствующее ей силовое поле — потенциальным. Силы взаимодействия частиц называются консервативными или потенциальными, если суммарная работа этих сил при изменении конфигурации системы не зависит от способа изменения конфигурации. Электростатические силы, действующие между заряженными частицами, силы всемирного тяготения между массивными телами — примеры потенциальных сил. К консервативным силам можно отнести также силы реакции идеальных связей, которые не совершают работы, так как всегда направлены перпендикулярно перемещениям тел.

консервативная система / conservative system // konservative System, abgeschlossenes System: механическая система, в которой выполняется *закон сохранения энергии*, т.е. сумма кинетической и потенциальной энергий остается постоянной. Для этого внешние силы и силы взаимодействия частиц системы должны быть *консервативными* (=потенциальными), а силы реакции связей, наложенных на движение частей системы, должны быть направлены перпендикулярно возможным перемещениям (такие связи называются идеальными). Консервативные системы представляют собой идеализацию свойств реальных систем, в которых неизбежно присутствуют диссипативные силы (т.е. силы трения), вызывающие переход части механической энергии в другие формы (например, в энергию хаотического теплового движения молекул).

константа / constant // Konstante f : постоянная величина. Примеры из физики: скорость света в вакууме, *постоянная тяготения* (гравитационная

постоянная), *постоянная Авогадро*, постоянная Фарадея, *постоянная Планка*, масса покоя протона.

конструктивная математика / constructive mathematics // konstruktive Mathematik: направление в основаниях математики, связывающее утверждения о существовании математических объектов с возможностью их построения при помощи каких-либо *алгоритмов*. Конструктивная математика отрицает понятие актуальной бесконечности и универсальность логического закона исключённого третьего; кроме этого, используется специальная конструктивная логика, отличающаяся от традиционной.

контакт / contact // Kontakt m : соприкосновение. В электротехнике — соединение проводящих ток элементов цепи.

континуальный интеграл, интеграл по траекториям / continual integral, functional integral // Kontinuitätsintegral n , kontinuierliches Integral: обобщение понятия интеграла на случай интегрирования по области в пространстве функций («траекторий»). Применяется в квантовой физике и теории меры.

контравариантный / contra-variant // kontravariant: см. *ковариантный*.

контрагredientная матрица, контраградиентная матрица / contra-gredient matrix, reciprocal of a transposed matrix // kontragrediente Matrix: пусть A — квадратная вещественная *матрица*, A^T — её *транспонированная матрица*. Матрица $(A^T)^{-1}$, т.е. обратная по отношению к транспонированной, называется контрагredientной матрицей по отношению к A . *Ортогональные матрицы* совпадают со своими контрагredientными.

контрагredientное преобразование / contragredient transformation // kontragrediente Transformation: пусть $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$ есть некоторый *базис* (1-й базис) в n -мерном *векторном пространстве* $\mathbf{E}^n$, и $\vec{e}'_1, \dots, \vec{e}'_n$ — другой базис (2-й базис). Каждый вектор 2-го базиса может быть разложен по 1-му базису: $\vec{e}'_i = a_{i1}\vec{e}_1 + \dots + a_{in}\vec{e}_n$, $i = 1, \dots, n$, причём коэффициенты a_{ik} образуют невырожденную *матрицу* A . Произвольный вектор $\vec{x} \in \mathbf{E}^n$ можно разложить как по 1-му базису: $\vec{x} = x_1\vec{e}_1 + \dots + x_n\vec{e}_n$, так и по 2-му базису: $\vec{x} = x'_1\vec{e}'_1 + \dots + x'_n\vec{e}'_n$; числа $x_1, \dots, x_n$ и $x'_1, \dots, x'_n$ являются координатами вектора $\vec{x}$ относительно соответствующего базиса. Из этих равенств следует, что $x_k = \sum_{i=1}^n a_{ik}x'_i$, или, в векторной записи,

$\vec{\xi} = A^T \vec{\xi}'$, где $\vec{\xi}$ означает *вектор-столбец* с элементами $x_1, \dots, x_n$, A^T — матрицу, транспонированную по отношению к A . Отсюда: $\vec{\xi}' = (A^T)^{-1} \vec{\xi}$. Матрица $(A^T)^{-1}$ называется контрагredientной по отношению к матрице A , а преобразование координат $x_1, \dots, x_n$ к $x'_1, \dots, x'_n$ — контрагredientным преобразованием.

контроль / control, check, monitoring // Kontrolle f , Aufsicht f : проверка; управление.

контрпримёр / counter-example // Gegenbeispiel n : пример, опровергающий какое-либо предположение.

кóнтур / contour, closed line // Kontur f , geschlossene Kurve: в математике: а) замкнутая кривая; б) (ориентированная) кривая, по которой производится интегрирование в *криволинейном интеграле* и *комплексном интеграле*.

В физике: замкнутая электрическая цепь (например, *колебательный контур*).

кóнус / cone // Kegel f : в геометрии — тело, ограниченное *конической поверхностью*. Термин «конус» применяется также для обозначения тела, ограниченного конической поверхностью и плоскостью, например, *прямой круговой конус*.

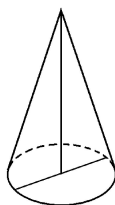


Рис. 77: Конус прямой круговой

кóнус Ма́ха / Mach cone // Machscher Kegel: коническая поверхность, ограничивающая в сверхзвуковом потоке газа область, в которой сосредоточены звуковые волны, исходящие от неподвижного точечного источника. Угол α между образующими конуса Маха и его осью определяется соотношением: $\sin \alpha = c/v$, где v — скорость потока, c — скорость звука. Фронт ударной волны в неподвижном воздухе от сверхзвукового источника (самолета, снаряда) представляет собой конус Маха, вершина которого перемещается вместе с источником.

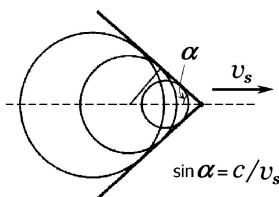


Рис. 78: Конус Маха при движении источника со скоростью $v_s > c$

конфигура́ция / configuration // Konfiguration f : в физике — взаимное расположение материальных тел; в математике — конечное множество точек, прямых, плоскостей, связанных между собой отношением принадлежности («инцидентности»). Например, три точки, не лежащие на одной прямой,

и три прямые, инцидентные с каждой парой этих точек, образуют плоскую конфигурацию «трёхвершинник».

конфликт / conflict // Konflikt *m*: в теории *игр* — столкновение интересов.

конформное отображение, конформное преобразование / conformal mapping, conformal map // konforme Abbildung, winkeltreue Abbildung: в теории функций *комплексного переменного*: отображение, сохраняющее углы. Пусть $f(z)$ — *регулярная функция* в окрестности точки z_0 ; l_1 и l_2 — какая-нибудь пара лучей, выходящих из точки z_0 ; α — угол между этими лучами. При отображении $w = f(z)$ точка z_0 переходит в точку $w_0 = f(z_0)$, лучи l_1, l_2 — в некоторые кривые $\tilde{l}_1, \tilde{l}_2$, выходящие из точки w_0 ; угол между этими кривыми в точке w_0 обозначим $\tilde{\alpha}$. Отображение называется (локально) конформным в точке z_0 , если для всякой пары лучей имеет место равенство $\alpha = \tilde{\alpha}$. Для конформности отображения в точке z_0 необходимо и достаточно, чтобы $f'(z_0) \neq 0$. Примеры: отображение $w = e^z$ конформно при любом $z_0 \in \mathbb{C}$, а $w = z^2$ конформно при $z_0 \neq 0$.

Понятие «конформное отображение» употребляют также и в более узком смысле: пусть регулярная функция $f(z)$ задаёт *взаимно однозначное отображение* области D на область $\tilde{D}$, тогда говорят о конформном отображении области D на область $\tilde{D}$. Можно показать, что при таком отображении $f'(z) \neq 0$ в любой точке $z \in D$, т.е. конформное отображение областей локально конформно. Обратное утверждение, вообще говоря, неверно: формула $w = e^z$ задаёт локально конформное отображение полуплоскости $\operatorname{Re} z > 0$ на внешность единичного круга: $|w| > 1$, но обратное отображение $z = \ln w$ многозначно.

концевая точка / endpoint // Endpunkt *m*: на кривой, заданной параметрически: $\vec{x} = \vec{f}(t)$, $t_1 \leq t \leq t_2$, — точка, соответствующая наибольшему значению параметра, т.е. $\vec{x} = \vec{f}(t_2)$. Точка $\vec{x} = \vec{f}(t_1)$ — начальная точка кривой.

концентрация / concentration // Konzentration *f*: величина, определяющая содержание компонента в смеси, растворе, сплаве. Различают концентрацию по массе (процентное отношение массы компонента к общей массе смеси), по объёму (процентное отношение объёма компонента к общему объёму смеси), молярную (процентное отношение количества компонента в молях к общему количеству вещества в системе). В молекулярно-кинетической теории иногда под концентрацией понимают число молекул (атомов) в единице объёма, в теории *электропроводности* — число носителей тока в единице объёма.

концентрация раствора / solution concentration // Lösungskonzentration *f*, Lösungsstärke *f* — см. *концентрация*.

концентричность / concentricity // Konzentrizität f : свойство двух или более кругов (или сфер) иметь общий центр.

конъюнкция / conjunction // Konjunktion f : конъюнкция, или логическое умножение, — операция, сопоставляющая каждой паре *высказываний* A и B высказывание $A \wedge B$, причём $A \wedge B$ истинно в том и только том случае, когда истинны оба высказывания A и B , и ложно в остальных случаях. См. также *дизъюнкция*.

координата / coordinate // Koordinate f : в геометрии: координата точки — одно из чисел, определяющих положение точки в пространстве, в котором задана *система координат*.

координатная ось / coordinate axis // Koordinatenachse f : координатной осью называется прямая линия, на которой задано направление, фиксирована некоторая точка O (начало координат) и выбрана единица масштаба. Обозначим эту ось Ox . Всякой точке M , лежащей на оси, взаимно однозначно сопоставляется её координата x_M , равная длине отрезка OM если *вектор* $\overrightarrow{OM}$ направлен так же, как ось, и равная взятой со знаком минус длине отрезка OM если этот вектор направлен противоположно оси. Координата начала равна нулю.

координатная плóскость / plane of reference, coordinate plane // Koordinatenebene f , Bezugsebene f : а) плоскость Oxy с двумя лежащими в ней неколлинеарными *координатными осями* Ox и Oy , имеющими общее начало O . Каждой точке M плоскости можно взаимно однозначно сопоставить две её проекции M_x и M_y на данные оси: отрезок $MM_x \parallel Oy$, отрезок $MM_y \parallel Ox$. Координата x точки M_x на оси Ox и координата y точки M_y на оси Oy называются декартовыми (или аффинными) координатами точки M на плоскости Oxy . б) В пространстве с линейной *системой координат* $Oxyz$ — всякая плоскость, состоящая из точек с одной фиксированной координатой, например, плоскость $z = z_0$.

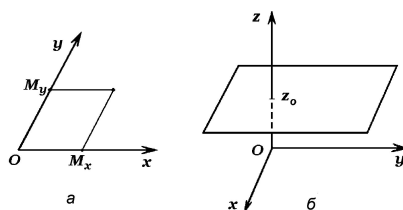


Рис. 79: Координатная плоскость

координатная систéма: то же, что *система координат*.

Копéрник (Nikolaus Kopernikus, Nikolai Kopernik, 1473–1543): польский астроном и философ. До Коперника считалась единственно возможной

Птолемея геоцентрическая система Вселенной, в которой Солнце, Луна, планеты и звёзды обращаются вокруг Земли по сложным орбитам. Копернику принадлежит создание гелиоцентрической модели Солнечной системы, в которой кажущиеся перемещения планет по небосводу получили достаточно простое и естественное объяснение.

кóразмёрность / co-dimension // Kodimension f : коразмерность *подпространства* M в *линейном пространстве* X — размерность *прямого дополнения* к M в X ; обозначение: $\text{codim } M$. Имеет место равенство: $\dim M + \text{codim } M = \dim X$. Если M и N — два подпространства в X , имеющие конечные коразмерности, то $M \cap N$ и $M + N$ также имеют конечные коразмерности, причём $\text{codim } (M + N) + \text{codim } (M \cap N) = \text{codim } M + \text{codim } N$.

кóрень / root, radical // Wurzel f : пусть n — целое положительное число. Корень n -й степени из неотрицательного числа a на множестве *вещественных чисел* определяется как неотрицательное число b такое, что $b^n = a$. Обозначение: $b = \sqrt[n]{a}$ или $b = a^{\frac{1}{n}}$, например, $\sqrt[3]{8} = 2$, $\sqrt[n]{b^n} = b$. Корень нечётной степени $n = 2k + 1$ из отрицательного числа a ($a < 0$), по определению, равен $-\sqrt[n]{-a}$, например, $\sqrt[3]{-8} = -2$. На множестве *комплексных чисел* $\sqrt[n]{z}$ — это всякое число w такое, что $w^n = z$. Пусть $z = re^{i\phi}$, тогда $w = r^{\frac{1}{n}} e^{\frac{i}{n}(\phi + 2\pi k)}$, где $k = 0, 1, \dots, n - 1$. Таким образом, всякое ненулевое комплексное число имеет n различных корней степени n , например, $\sqrt[4]{1}$ в комплексном смысле имеет 4 значения: $1, -1, i, -i$.

кóрень уравнёния / solution [or: root] of the equation // Lösung [oder: Wurzel] der Gleichung: корень уравнения $f(x) = 0$ — решение этого уравнения, т.е. число ξ , при подстановке которого в уравнение получается верное равенство: $f(\xi) = 0$.

кóрень фúнкции / root of the function // Nullstelle f : корень, или нуль, функции $f(x)$ — то же, что *корень уравнения* $f(x) = 0$.

кориоли́сова сýла: см. *сила Кориолиса*.

корнево́е подпростра́нство / root space // Wurzelraum m : см. *корневой вектор*.

корневóй вéктор / principal vector // Hauptvektor m : пусть λ — *собственное значение* линейного *оператора* в *линейном пространстве* X , и u — соответствующий *собственный вектор*, т.е. $(A - \lambda E)u = 0$, $u \neq 0$. Всякое ненулевое решение уравнения $(A - \lambda E)^n v = 0$, где n — целое положительное число, называется *корневым вектором* оператора A , принадлежащим *собственному значению* λ . Очевидно, *собственный вектор* является *корневым* с $n = 1$; *корневые векторы* с $n > 1$ называются *присоединёнными векторами*. Множество *корневых векторов*, отвечающих *собственному значению* λ , образует *корневое подпространство* X_λ , принадлежащее этому *собственному значению*. В *конечномерном пространстве* оператору A соответствует

матрица A , вид которой зависит от выбора *базиса*. Если матрица A *жорданова*, то корневое подпространство X_λ состоит из тех векторов базиса, которые соответствуют жордановым клеткам с собственным числом матрицы λ .

корóткие вóлны, декаметровые радиоволны / short waves // Kurzwellen *pl*: диапазон электромагнитных волн (радиоволн), для которых длина волны лежит в интервале 100 – 10 м в вакууме (частота 3 – 30 МГц). Короткие радиоволны применяются для передачи информации без проводов на большие расстояния, что обеспечивается возможностью многократных отражений таких волн ионосферой и земной поверхностью.

корóткое замыкáние // short circuit // Kurzschluss *m*: термин, означающий такое соединение источников тока и проводящих частей, при котором возникает чрезмерно большой ток (за счёт слишком малого сопротивления). Обычно короткое замыкание вызывает разрушение цепи.

короткоживúщие изотóпы / short-lived isotope // kurzlebige Isotop: радиоактивные *изотопы* со сравнительно малым временем жизни.

корпускуля́рно-волново́й дуа́лизм / particle-wave duality // Wellen-Teilchen-Dualismus *m* представление о том, что в любые микрообъекты (*фотоны*, *электроны* и др.) потенциально могут проявлять как волновые, так и корпускулярные свойства. По представлениям классической физики распространение волн и движение частиц (корпускул) – принципиально разные физические процессы. Однако опыты показали, что свет в определенных условиях эксперимента обнаруживает сходство с потоком частиц (фотонов), обладающих энергией и импульсом. С другой стороны, пучок электронов, падающих на кристалл, создает дифракционную картину (см. *дифракция*), которую можно объяснить только на основе волновых представлений, сопоставляя движущемуся электрону некоторую волну (см. *волна де Бройля*, *де-бройлевская длина волны*). Потенциальная возможность проявления одним и тем же микрообъектом как волновых, так и корпускулярных свойств не приводит к логическим противоречиям, так как эти свойства никогда не проявляются одновременно – опыты по наблюдению волновых и корпускулярных свойств должны ставиться при взаимно исключающих условиях (см. также *дуализм волна – частица*). Представление о корпускулярно-волновом дуализме микрообъектов лежит в основе *квантовой механики*.

корре́ктно поста́вленная зада́ча / well-posed problem, properly posed problem // korrekt gestelltes Problem, sachgemäßes Problem: в математике — задача о решении некоторого уравнения (с дополнительными данными) считается поставленной корректно, если: а) задача имеет решение; б) решение единственно; в) решение непрерывно зависит от данных задачи, т.е. решение мало меняется при малых изменениях этих данных. Корректность постановки зависит как от типа уравнения и дополнительных данных,

так и от класса функций, которому принадлежат заданные функции и искомое решение. Например, корректной является *задача Дирихле* для уравнения Лапласа. Пример некорректной задачи (пример Адамара): найти решение $u(x, y)$ уравнения Лапласа $u_{xx} + u_{yy} = 0$ в полуполосе $x \in [0, \pi]$, $y \in [0, +\infty)$ при заданных условиях $u(0, y) = u(\pi, y) = 0$, $u(x, 0) = \frac{1}{k} \sin kx$, $u_y(x, 0) = 0$. Здесь решение задачи $u = \frac{1}{k} \sin kx \operatorname{ch} ky$ не стремится к нулю при $k \rightarrow \infty$, т.е. не выполнено условие (в).

корре́ктура / proof(s), proofreading // Korrektur f : предварительный оттиск статьи или книги, предназначенный для прочтения и исправления ошибок, допущенных при наборе в типографии. Исправленная корректура используется для подготовки окончательного текста. Корректурой называют также процесс исправления ошибок.

корре́кция / correction // Korrektion f : в *вычислительной математике* — поправка к найденному приближённому значению $\tilde{x}$ искомой величины x , вводимая для уточнения этого приближения.

коррели́рованные вели́чины / correlated values // korrelierte Variablen: взаимосвязанные *случайные величины*, см. *коэффициент корреляции*.

корреля́ция / correlation // Korrelation f : зависимость между *случайными величинами*, см. *коэффициент корреляции*.

корте́ж, набор / tuple, ordered sequence // Tupel n , endliche Zeichenreihe, geordneter Komplex, Cortege n : конечная последовательность (допускающая повторения) элементов какого-нибудь множества X . Кортёж обозначается $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ или $x_1, x_2, \dots, x_n$, где n — длина кортежа, а x_i — i -й член, $x_i \in X$, $1 \leq i \leq n$. Кортёж $(x_1, \dots, x_n)$ является упорядоченной последовательностью (порядок задан указанием номера элементов). Примеры кортежа: слово ЭЛЕМЕНТ, составленное из букв русского алфавита; набор (x_1, x_2, x_3) координат вектора $\vec{x}(x_1, x_2, x_3)$ относительно *декартовой системы координат* в трёхмерном пространстве.

косе́канс / cosecant // Kosekansfunktion f , Kosekans m : *тригонометрическая функция*, равная единице, делённой на *синус*: $\operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$. Для косеканса принято также обозначение csc .

ко́синус / cosine // Kosinusfunktion f , Kosinus m : одна из *тригонометрических функций*. Косинус острого угла $\alpha = \angle BAC$ в *прямоугольном треугольнике* ABC , где угол $\angle ACB$ — прямой, определяется как отношение длины b катета AC к длине c гипотенузы AB : $\cos \alpha = \frac{b}{c}$. При помощи *тригонометрического круга* понятие косинуса обобщается на любые вещественные значения α .

косинусо́ида / cosine curve, cosinusoid // Kosinuskurve f , Kosinusoid f : график функции *косинус*.

косми́ческие ско́рости / space velocities // kosmische Geschwindigkeit-en: 1) первая космическая скорость (orbital velocity // Bahngeschwindigkeit) — скорость, которую нужно сообщить спутнику Земли для того, чтобы

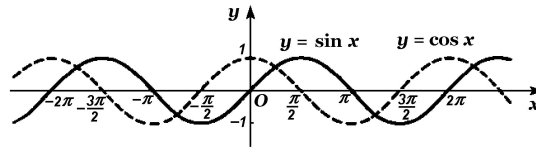


Рис. 80: Синусоида и косинусоида

он обращался вокруг неё по предельно низкой (стелющейся) круговой орбите (такая орбита была бы возможна при отсутствии атмосферы); рассчитывается по формуле $v_1 = \sqrt{GM/R} = \sqrt{gR} \approx 7,9$ км/с (здесь G — гравитационная постоянная, M — масса Земли, R — радиус Земли, g — ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли; 2) вторая космическая скорость, или скорость освобождения, параболическая скорость (escape velocity // parabolische Geschwindigkeit, Entweichungsgeschwindigkeit) — минимальная скорость, которую нужно сообщить телу вблизи поверхности Земли для того, чтобы оно навсегда покинуло Землю (при условии, что тело не подвергается гравитационному действию со стороны Солнца и других тел); скорость освобождения в $\sqrt{2}$ раз больше круговой скорости на данной высоте: $v_2 = \sqrt{2}v_1$; вблизи поверхности Земли $v_2 = \sqrt{2GM/R} = \sqrt{2gR} \approx 11,2$ км/с; 3) третья космическая скорость (solar escape velocity // dritte kosmische Geschwindigkeit) — минимальная скорость, которую нужно сообщить телу вблизи поверхности Земли для того, чтобы оно вышло за пределы Солнечной системы. На расстоянии от Солнца, равном радиусу земной орбиты, тело должно иметь относительно Солнца скорость, в $\sqrt{2}$ раз превышающую орбитальную скорость Земли v_0 , равную 29,8 км/с. Но находясь на Земле, тело уже движется вместе с Землей относительно Солнца со скоростью v_0 . Как показывают расчеты, для того, чтобы тело, преодолев земное притяжение, приобрело относительно Солнца необходимую для освобождения минимальную скорость, вблизи поверхности Земли ему нужно сообщить скорость около 16,7 км/с (относительно Земли).

космическое излучение, космические лучи / cosmic rays, cosmic radiation // kosmische Strahlen, kosmische Strahlung: поток элементарных частиц высоких энергий, преимущественно протонов, приходящих на Землю из космоса приблизительно равномерно со всех направлений (первичные лучи). К космическим лучам относят также рожденное приходящими из космоса частицами в результате их взаимодействия с ядрами атмосферных газов вторичное излучение, в котором встречаются практически все известные элементарные частицы. Среди первичных космических лучей различают высокоэнергетичные (до 10^{21} эВ) галактические лучи, приходящие из-за пределов Солнечной системы, и солнечные космические лучи умеренных

энергий ($\leq 10^{10}$ эВ), связанные с активностью Солнца.

космолóгия / cosmology // Kosmologie *f*: раздел *астрономии*, занимающийся изучением Вселенной в целом и той её части, которая может быть охвачена астрономическими наблюдениями. Выводы космологии основываются на законах физики и данных наблюдательной астрономии, а также на философских принципах своей эпохи. Важнейшим из них является предположение о возможности экстраполяции на всю Вселенную законов природы, установленных для ограниченной части Вселенной. Современная космология при разработке моделей Вселенной опирается на релятивистскую теорию тяготения (*общую теорию относительности*). Вопрос о достоверности выводов релятивистской космологии представляет большой общенаучный и мировоззренческий интерес. Принципиальное значение имеют выводы о нестационарности Вселенной (её расширении), о высоких значениях плотности и температуры на ранних стадиях расширения («горячая» Вселенная) и об искривлённости пространства-времени. Вывод о нестационарности подтвержден наблюдаемым космологическим красным смещением. Концепция «горячей» Вселенной подтверждается открытием реликтового излучения.

космона́вт / astronaut // Astronaut *m*, Kosmonaut *m*, Raumfahrer *m*: человек, совершающий полёты в космическом пространстве.

ко́смос / cosmos, space // Kosmos *m*, Weltraum *m*, Raum *m*: условное название для пространства вне земной атмосферы, начиная с удаления приблизительно в 300 км от поверхности Земли.

кососимметри́ческий, антисимметрический / antisymmetric, skew-symmetrical // antisymmetrisch, schiefsymmetrisch: квадратная *матрица* называется кососимметрической, если её *транспонированная матрица* отличается от неё только знаком: $A^T = -A$. Если порядок A нечётный, то $\det A = 0$. Ненулевые *собственные числа* кососимметрической матрицы — *чисто мнимые числа*.

косоуго́льный / oblique, oblique-angled // schiefwinklig: косоугольные *системы координат* образованы осями, углы между которыми не прямые.

кота́нгенс / cotangent // Kotangensfunktion *f*, Kotangens *m*: одна из *тригонометрических функций*. Котангенс острого угла $\alpha = \angle BAC$ в *прямоугольном треугольнике* ABC , где угол $\angle ACB$ — прямой, определяется как отношение длины b катета AC к длине a катета BC : $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$. При помощи *тригонометрического круга* понятие котангенса обобщается на произвольные вещественные значения α . Котангенс обозначается также $\cot$.

кофа́ктор / cofactor, algebraic adjunct // Adjunkte *f*, algebraisches Komplement, Kofaktor *m*: см. *алгебраическое дополнение*.

Коши́ (Augustin-Louis Cauchy, 1789–1857): французский математик. Внёс выдающийся вклад в теорию подстановок, а также практически во

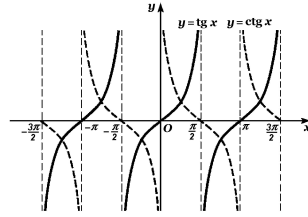


Рис. 81: Тангенсоида и котангенсоида

все области математического анализа (теоремы о непрерывных функциях, о рядах, об аналитических функциях комплексного переменного, дифференциальных уравнениях — обыкновенных и с частными производными и др.). С его именем связаны, в частности, *задача Коши*, *критерий Коши*, *признак Коши*, *интеграл Коши*, *распределение Коши*.

коэффициент / coefficient // Koeffizient m : в математике — числовой множитель, на который умножается переменная или вектор. В физике — физическая величина, введённая для количественной оценки связи величин, участвующих в каком-либо физическом явлении. Примеры: *коэффициент полезного действия*, коэффициент трения (отношение величин силы трения и силы нормального давления), *коэффициент отражения*.

коэффициент корреляции / correlation coefficient // Korrelationskoeffizient m : числовая характеристика взаимозависимости двух *случайных величин*. Коэффициент корреляции $\rho(X_1, X_2)$ случайных величин X_1 и X_2 с ненулевыми *дисперсиями* D_1 и D_2 определяется через их *ковариацию*: $\rho(X_1, X_2) = \text{cov}(X_1, X_2) / \sqrt{D_1 D_2}$. Справедливо неравенство $-1 \leq \rho \leq +1$, причём равенство $\rho = \pm 1$ имеет место в случае, когда величины X_1 и X_2 связаны линейной зависимостью: $(X_1 - M X_1) \sqrt{D_1} = (X_2 - M X_2) \sqrt{D_2}$. Если величины X_1 и X_2 независимы, то $\rho = 0$; обратное, вообще говоря, неверно. Величины, коэффициент корреляции которых равен 0, называют некоррелированными.

коэффициенты Ламе / first differential parameters of Lamé, Lamé coefficients // erste Differentialparameter von Lamé, Lamésche Koeffizienten: для криволинейной *ортogonalной системы координат* (u, v, w) в пространстве, заданной тройкой функций $x = x(u, v, w)$, $y = y(u, v, w)$, $z = z(u, v, w)$ относительно *декартовой системы координат* (x, y, z) , коэффициентами Ламе называются величины $L_u = \sqrt{P}$, $L_v = \sqrt{Q}$, $L_w = \sqrt{R}$, где

$$P = \left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^2, \quad Q = \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial v}\right)^2, \\ R = \left(\frac{\partial x}{\partial w}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial w}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial w}\right)^2.$$

С помощью коэффициентов Ламе в координатах u, v, w выражаются:

а) элемент объёма: $dV = L_u L_v L_w du dv dw$,

б) элемент длины дуги: $dl = \sqrt{L_u^2 du^2 + L_v^2 dv^2 + L_w^2 dw^2}$,

в) элемент площади поверхности:

$$dS = \sqrt{(L_u L_v du dv)^2 + (L_u L_w du dw)^2 + (L_v L_w dv dw)^2}.$$

Коэффициенты Ламе в *цилиндрических координатах* ρ, ϕ, z : $L_\rho = 1$, $L_\phi = \rho$, $L_z = 1$; в *сферических координатах* r, θ, ϕ : $L_r = 1$, $L_\theta = r$, $L_\phi = r \sin \theta$.

коэффициент отражения / reflection coefficient // Reflexionskoeffizient m , Reflexionsgrad m : отношение *потока излучения*, отраженного телом, к падающему на поверхность тела потоку излучения (см. *отражение света*).

коэффициент полезного действия [сокр: к.п.д., кпд] / efficiency // Wirkungsgrad m , Nutzeffekt m : в физике и технике — характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии; измеряется отношением полезно использованной энергии (работы) ко всей энергии, полученной системой. В электрических двигателях кпд — отношение совершаемой полезной механической работы к электрической энергии, получаемой от источника; в тепловых двигателях — отношение полезной механической работы к получаемому двигателем количеству теплоты; в электрических трансформаторах — отношение электромагнитной энергии, получаемой во вторичной обмотке, к энергии, потребляемой первичной обмоткой. Кпд тепловых электростанций достигает 35 – 40%, двигателей внутреннего сгорания 40 – 50%, динамомашин и генераторов большой мощности 95%, трансформаторов 98%. Общий кпд системы, состоящей из нескольких ступеней, равен произведению частных кпд отдельных ступеней.

кпд: см. *коэффициент полезного действия*.

краевая задача / boundary value problem // Randwertproblem n : задача для *дифференциального уравнения*, в которой заданы значения искомой функции или её производных на границе (=на краю) области задания. Примеры краевых задач: 1) задача Штурма–Лиувилля: $y'' + y = f(x)$, $x \in (0, l)$, $y(0) = A$, $y'(l) = B$. 2) задача Дирихле: $\Delta u(x, y) = 0$, $x^2 + y^2 < a^2$, $u|_{x^2+y^2=a^2} = f(x, y)$; здесь оператор Лапласа $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$.

краевое значение / boundary value // Randwert m : значение функции на границе области (точнее, предельное значение при приближении к точке границы).

краевое условие / boundary condition // Randbedingung f : условие на границе (или, что то же, на краю) области, в которой поставлена *краевая задача*.

краево́й у́гол: см. *угол смачивания*.

краево́й эффéкт / boundary effect // Randeffect *m*: эффект, проявляющийся в окрестности края области. Например, нарушение однородности электрического поля в плоском конденсаторе вблизи краев его пластин.

край / boundary, border // Rand *m*: в геометрии: край *области* — то же, что *граница* области. См. также *многообразие*.

кра́ска / color, colour // Farbe *f*: вещество, наносимое на поверхность тела для придания ему нужного цвета. В математике — условное название какого-либо признака, присваиваемого выделенной части области или поверхности. См. *задача о четырёх красках*.

Кра́мера пра́вило: см. *правило Крамера*.

кра́сное сме́щение / red shift // Rotverschiebung *f*: смещение линий в электромагнитном (оптическом) спектре источника в сторону красной (длинноволновой, низкочастотной) части спектра по сравнению с линиями эталонных спектров. Красное смещение может быть вызвано двумя механизмами:

1) Если движение источника излучения относительно наблюдателя приводит к увеличению расстояния между ними, то наблюдаемое красное смещение обусловлено *эффектом Доплера*. При $v/c \ll 1$ (относительная скорость источника и приемника много меньше скорости света) относительное смещение частоты определяется приближенной формулой $\Delta\nu/\nu = -v/c$. Космологическое красное смещение, наблюдаемое в спектрах далеких галактик и квазаров, интерпретируется в рамках общей теории относительности как эффект расширения Вселенной (взаимное удаление галактик друг от друга).

2) Гравитационное красное смещение возникает тогда, когда приемник излучения находится в области с меньшим гравитационным потенциалом, чем источник. В этом случае красное смещение обусловлено замедлением времени в сильном гравитационном поле вблизи большой массы и уменьшением частоты испущенных источником световых квантов (эффект *общей теории относительности*). Гравитационное красное смещение наблюдается в спектрах плотных звезд — *белых карликов*. С помощью *эффекта Мессбауэра* в 1959 г. удалось измерить красное смещение в гравитационном поле Земли.

кра́тное, делимое нацело / divisible // teilbar: понятие, относящееся к *натуральным числам*. Число *m* является кратным по отношению к числу *n*, или кратным этого числа, если *m* делится без остатка на *n*. См. также *наименьшее общее кратное*.

кра́тность / multiplicity // Vielfachheit *f*: а) если $f(x_0) = 0$, $f'(x_0) = 0, \dots, f^{(n-1)}(x_0) = 0$, $f^{(n)}(x_0) \neq 0$, то x_0 называется корнем кратности (или порядка) *n* уравнения $f(x) = 0$, а также корнем, или нулём, кратности *n* функции $f(x)$.

б) Если *собственное число* λ матрицы A является корнем кратности p соответствующего *характеристического уравнения* $\det(A - \lambda I) = 0$, то говорят, что λ имеет алгебраическую кратность p . Если собственному числу λ соответствует q линейно независимых *собственных векторов*, то говорят, что λ имеет геометрическую кратность q . Теоремы: 1) для каждого из собственных чисел любой матрицы имеет место неравенство $q \leq p$; 2) для каждого из собственных чисел *эрмитовской матрицы* имеет место равенство $q = p$.

в) Если *собственному значению* λ линейного *оператора* A отвечает n линейно независимых собственных элементов, то говорят, что λ имеет кратность n ; при $n = 1$ число λ называют простым собственным значением.

кратные интегралы / multiple integrals // mehrdimensionale Integrale: интегралы по двумерным, трёхмерным и т.д. областям евклидовых пространств. См. также *двойной интеграл* и *тройной интеграл*.

кратчайший / the shortest // der kürzeste: самый короткий.

кремний / silicon // Silizium n : элемент *периодической системы химических элементов* (Si, номер 14)

крест / cross // Kreuz n : геометрическая фигура, состоящая из двух отрезков, пересекающихся под прямым углом.

крест-накрест / crosswise, criss-cross // kreuzweise: крестообразно.

крестообразный / cruciform, crosslike, cross-form // kreuzartig, kreuzförmig: имеющий форму креста.

кривая / curve // Kurve f : в математике: кривая, или линия, на плоскости Oxy определяется, по К.Жордану (Camille Jordan, 1838–1922), как множество точек, координаты x, y которых — непрерывные функции параметра: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $t \in [\alpha, \beta]$. Примеры: прямая линия $x = x_0 + at$, $y = y_0 + bt$, $t \in (-\infty, +\infty)$; эллипс $x = a \cos t$, $y = b \sin t$, $t \in [0, 2\pi]$; астроида $x = a \cos^3 t$, $y = b \sin^3 t$, $t \in [0, 2\pi]$, декартов лист $x = \frac{at}{1+t^3}$, $y = \frac{at^2}{1+t^3}$, $t \in (-\infty, +\infty)$. Такие кривые называются жордановыми кривыми. В пространстве жорданова кривая задаётся параметрически тремя непрерывными функциями: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

Жорданово определение понятия кривой обладает недостатком — оно слишком общее: Дж.Пеано (Giuseppe Peano, 1858–1932) построил в 1890 г. пример непрерывной кривой, целиком заполняющей квадрат (кривая Пеано). Поэтому на функции $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ обычно налагают дополнительно какие-нибудь условия гладкости, см. *спрямляемая кривая*. Существуют и иные определения понятия кривой, например, кривая как множество точек плоскости, координаты которых удовлетворяют уравнению вида $F(x, y) = 0$.

кривая второго порядка, коническое сечение / curve line of the second order, conic section // Kurve zweiter Ordnung, Kegelschnitt m : плоская

кривая, уравнение которой в *декартовых координатах* (x, y) имеет общий вид $Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$, где A, B, C, D, E, F — постоянные действительные коэффициенты. Геометрический тип линии зависит от знака дискриминанта $d = B^2 - AC$: если $d < 0$, то кривая — типа *эллипса*, если $d > 0$ — типа *гиперболы*, если $d = 0$ — типа *параболы*. Возможны также вырожденные случаи (одна или две прямые, одна точка или ни одной точки). При помощи параллельного переноса и поворота системы координат уравнение кривой может быть приведено к *каноническому виду*. Кривые 2-го порядка получаются также при пересечении прямого кругового конуса плоскостью, см. *коническое сечение*.

кривизна́ / curvature // Krümmung f : в геометрии: кривизна *кривой* линии — характеристика этой линии, которая показывает, насколько сильно эта линия отличается от прямой линии. Малый отрезок любой гладкой кривой можно аппроксимировать дугой окружности некоторого радиуса; кривизна — это величина, обратная этому радиусу.

Пусть M_0 и M — две близкие точки кривой γ , $\Delta\alpha$ — угол поворота *касательной* к кривой при переходе от точки M_0 к точке M , Δs — длина дуги $\smile M_0M$. Кривизной кривой γ в точке M_0 называется предел $K = \lim_{M \rightarrow M_0} \frac{\Delta\alpha}{\Delta s}$. Таким образом, кривизна кривой имеет смысл скорости поворота касательной при (равномерном) движении точки касания вдоль кривой.

Величина, обратная кривизне, $R = 1/K$, называется радиусом кривизны; R равен радиусу *круга кривизны*. Кривизна прямой линии равна нулю, кривизна окружности одинакова во всех её точках; радиус кривизны окружности равен её радиусу, а у прямой линии он равен бесконечности.

Если на плоской кривой задать направление в сторону возрастания длины дуги s и считать угол поворота против часовой стрелки положительным, а по часовой стрелке — отрицательным, то кривизна приобретает знак.

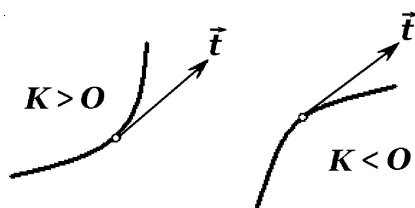


Рис. 82: Кривизна плоской кривой

Кривизна K плоской кривой $y = f(x)$ на плоскости с системой *декартовых координат* Oxy вычисляется по формуле (*), а при параметрическом задании кривой $x = x(t)$, $y = y(t)$ — по формуле (**):

$$(*) \quad K = \frac{f''}{(1 + f'^2)^{3/2}}, \quad (**) \quad K = \frac{x'y'' - y'x''}{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}.$$

Кривизна *поверхности* показывает, насколько поверхность отличается от плоскости. Пусть вектор $\vec{n}$ — *нормаль* к поверхности S в точке P , кривая γ — нормальное сечение поверхности, т.е. пересечение поверхности с «секущей» плоскостью, проходящей через нормаль $\vec{n}$.

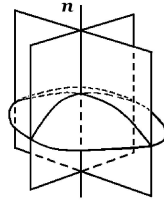


Рис. 83: Нормальные сечения

Кривизна нормального сечения, вообще говоря, меняется при повороте секущей плоскости вокруг нормали. Нормальные сечения, у которых кривизна имеет наибольшее значение K_1 или наименьшее значение K_2 , называются главными нормальными сечениями, K_1 и K_2 — главными кривизнами, а числа $R_1 = 1/K_1$ и $R_2 = 1/K_2$ — главными радиусами кривизны; заметим, что эти радиусы могут быть и отрицательными числами. Плоскости главных нормальных сечений перпендикулярны друг другу (если поверхность не вырождена). Пусть плоскость нормального сечения γ образует угол α с главным нормальным сечением, кривизна которого K_1 , тогда кривизна сечения γ выражается формулой *Эйлера*: $K_\gamma = K_1 \cos^2 \alpha + K_2 \sin^2 \alpha$. Величина $H = (K_1 + K_2)/2$ называется средней кривизной, а величина $k = K_1 K_2$ — гауссовой кривизной поверхности. С гауссовой кривизной связана форма поверхности в окрестности точки P : если $k > 0$, то вблизи этой точки поверхность выпуклая, т.е. лежит по одну сторону от касательной плоскости, а если $k < 0$, то поверхность имеет вид седла, и тогда её часть лежит по одну сторону, а другая часть — по другую сторону от касательной плоскости.

В теории *римановых пространств* вводится понятие кривизны пространства, характеризующее отличие риманова пространства от евклидова пространства.

Понятие кривизны используется в физике, в частности, с кривизной траектории связано центростремительное ускорение частицы при криволинейном движении, со средней кривизной поверхности связан капиллярный эффект, в общей теории относительности устанавливается связь кривизны пространства-времени с распределением вещества и энергии в пространстве.

криволинейные координаты / curvilinear coordinates // krummlinige Koordinaten: см. *координатная система*.

криволинейный интеграл / line [or: curvilinear] integral // Kurvenintegral n , Linienintegral n : такое обобщение понятия *определённого интеграла*, при котором функцию интегрируют не по отрезку числовой прямой, а по заданной кривой. К понятию к.и. естественно приводят некоторые физические задачи — нахождение массы нити с заданной линейной плотностью, работы заданной силы при перемещении по криволинейной траектории и т.п. Интегралы по кривой подразделяются на *криволинейные интегралы 1-го рода* и *криволинейные интегралы 2-го рода*.

криволинейный интеграл 1-го рода / line integral of the first type // Kurvenintegral erster Art: пусть γ — плоская или пространственная *спрямляемая кривая* с начальной точкой A и конечной точкой B ; $M(s)$ — переменная точка на γ ; s — длина дуги $\smile AM$, причём $s = 0$ в точке A и $s = S$ в точке B .

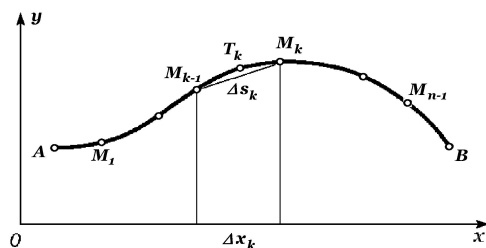


Рис. 84: К определению криволинейного интеграла

К.и. 1-го рода (КИ-1) по кривой γ можно ввести с помощью определённого интеграла:

$$\int_{\gamma} f(M) ds = \int_0^S f(M(s)) ds.$$

Можно дать и непосредственное определение КИ-1, аналогичное определению *интеграла Римана*: разобьём кривую γ произвольно выбранными точками деления $M_1, \dots, M_{n-1}$ на частичные дуги $\gamma_1, \dots, \gamma_n$, на каждой частичной дуге γ_k произвольно выберем вспомогательную точку T_k и составим интегральную сумму $I_n = \sum_{k=1}^n f(T_k) \Delta s_k$, где Δs_k — длина дуги γ_k . Пусть теперь $n \rightarrow \infty$, причём наибольшая длина частичных дуг стремится к нулю: $\max_{1 \leq k \leq n} \Delta s_k \rightarrow 0$. Если существует конечный предел интегральных сумм, не зависящий от выбора точек деления и точек T_k , то он называется криволинейным интегралом 1-го рода (или интегралом по длине дуги)

от функции f по кривой γ и обозначается $\int_{\gamma} f(M) ds$ или $\int_{(AB)} f(M) ds$.

Для всякой непрерывной функции $f(M)$ КИ-1 существует. Отметим, что КИ-1 не зависит от направления отсчёта длины дуги:

$$\int_{(AB)} f(M) ds = \int_{(BA)} f(M) ds.$$

Физический смысл КИ-1: $\int_{\gamma} \rho(M) ds$ равен массе вещества, распределенного на кривой γ с заданной плотностью $\rho(M)$.

Вычисляется КИ-1 сведением к обычному определённому интегралу. Пусть *радиус-вектор* $\vec{r} = \vec{OM}$ переменной точки M кривой γ задан как непрерывная вектор-функция параметра t : $\vec{r} = \vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$, $a \leq t \leq b$, и пусть производные x' , y' , z' функций $x(t), y(t), z(t)$ непрерывны. Тогда

$$\int_{\gamma} f(M) ds = \int_a^b f(M(t)) \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} dt.$$

криволинейный интеграл 2-го рода / line integral of the second type // Kurvenintegral zweiter Art: пусть γ — плоская или пространственная *спрямляемая кривая* с начальной точкой A и конечной точкой B . Пусть на кривой γ задано направление от A к B , M — переменная точка на γ , $Oxyz$ — *декартова система координат*.

Как и при введении КИ-1 (см. *криволинейный интеграл 1-го рода*), разобьём кривую на части γ_k и на каждой частичной дуге γ_k выберем точку T_k . Составим интегральную сумму $J_n = \sum_{k=1}^n f(T_k) \Delta x_k$, отличающуюся от суммы для КИ-1 тем, что теперь вместо длины Δs_k частичной дуги взята проекция Δx_k на ось Ox хорды, стягивающей частичную дугу. Заметим, что хорды имеют то же направление, что и кривая; если направление кривой заменить на противоположное, то все величины Δx_k изменят знак. Предел J_n при $n \rightarrow \infty$, не зависящий от способа разбиений и выбора точек T_k , называется к.и. 2-го рода (КИ-2) по x (или интегралом по проекции на ось абсцисс) от функции f вдоль кривой γ и обозначается $\int_{\gamma} f(M) dx$ или $\int_{(AB)} f(M) dx$. Аналогично вводятся интегралы по y и z .

Для всякой непрерывной функции $f(M)$ КИ-2 существует. Отметим, что знак КИ-2 зависит от направления интегрирования по кривой:

$$\int_{(AB)} f(M) dx = - \int_{(BA)} f(M) dx.$$

Пусть на кривой γ заданы непрерывные функции $f_1(M), f_2(M), f_3(M)$. Выражение $\int_{\gamma} f_1(M) dx + \int_{\gamma} f_2(M) dy + \int_{\gamma} f_3(M) dz$ обычно записывают в виде одного интеграла: $\int_{\gamma} f_1(M) dx + f_2(M) dy + f_3(M) dz$. Так как

подинтегральное выражение равно *скалярному произведению* $\vec{f}(M) \cdot d\vec{r}$ векторов $\vec{f}(M) = (f_1, f_2, f_3)$ и $d\vec{r} = (dx, dy, dz)$, то можно записать КИ-2 в компактной форме

$$\int_{\gamma} f_1 dx + f_2 dy + f_3 dz = \int_{\gamma} \vec{f}(M) \cdot d\vec{r},$$

из которой видно, что КИ-2 не зависит от выбора системы координат. Из этой же формулы ясен физический смысл КИ-2: он равен работе силы $\vec{f}$ при перемещении точки вдоль кривой γ .

Вычисляется КИ-2 сведением к обычному определённом интегралу. Пусть *радиус-вектор* $\vec{r} = \vec{OM}$ переменной точки M кривой γ задан как непрерывная вектор-функция параметра t : $\vec{r} = \vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$, $a \leq t \leq b$, причём направление на кривой соответствует возрастанию t , и пусть производные x' , y' , z' функций $x(t), y(t), z(t)$ непрерывны. Тогда

$$\int_{\gamma} f_1(M) dx + f_2(M) dy + f_3(M) dz = \int_a^b (f_1 x' + f_2 y' + f_3 z') dt, \quad f_k = f_k(M(t)).$$

С помощью КИ-2 можно найти функцию $u(M)$, если известен её дифференциал. В двумерном случае: пусть $P = \frac{\partial u}{\partial x}$, $Q = \frac{\partial u}{\partial y}$, т.е. $du = P(x, y)dx + Q(x, y)dy$. Тогда $u(x, y) = u(x_0, y_0) + \int_{(x_0, y_0)}^{(x, y)} P(x, y)dx + Q(x, y)dy$, где (x_0, y_0) — произвольно фиксированная точка, (x, y) — переменная точка; выбор пути интегрирования безразличен. Выберем путь в виде двух прямолинейных отрезков, параллельных осям координат, тогда интеграл сведётся к двум обычным определённым интегралам:

$$u(x, y) = u(x_0, y_0) + \int_{(x_0, y_0)}^{(x, y_0)} P(x, y_0)dx + \int_{(x, y_0)}^{(x, y)} Q(x, y)dy.$$

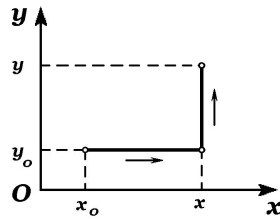


Рис. 85: Специальный контур

В трёхмерном случае функция $u(x, y, z)$ находится по заданному её дифференциалу аналогично.

крипто́н / krypton // Krypton n : *инертный газ*, элемент *периодической системы химических элементов* (Kr, 36).

криста́лл / crystal // Kristall m : твёрдое тело, обладающее трехмерной периодической атомной или молекулярной структурой (дальним порядком в расположении атомов или ионов, см. *кристаллическая решётка*). Кристаллы обладают *анизотропией*, т.е. их свойства различны по разным направлениям. Изучением свойств кристаллов на основе *квантовой механики* занимается физика твердого тела (см. *твёрдое тело*).

кристаллиза́ция / crystallization // Kristallisation f , Kristallbildung f : образование кристаллов из паров, растворов, расплавов, из твердого состояния (аморфного), из электролитов при электролизе, при химических реакциях. Совершенные по строению крупные монокристаллы выращивают искусственно из пересыщенных растворов и перегретых расплавов, вводя в них небольшие затравочные кристаллики.

кристалли́ческая решётка / crystal lattice // Kristallgitter n : присущее *кристаллам* регулярное расположение частиц (атомов, молекул, ионов), характеризующееся периодической повторяемостью в трех измерениях. Для описания кристаллической решетки достаточно знать расположение атомов (ионов, молекул) в её элементарной ячейке, повторением которой путем параллельных переносов (*трансляций*) получается вся решетка. Элементарная ячейка данного кристалла может быть выбрана различными способами. Ячейку называют примитивной, если она выбрана в виде параллелепипеда наименьшего возможного объема, содержащего наименьшее число атомов.

Кроме трансляционной симметрии, т.е. симметрии по отношению к параллельным переносам, каждая кристаллическая решетка обладает определенными элементами точечной симметрии, т.е. преобразованиями, оставляющими неподвижной некоторую точку. К точечным преобразованиям относятся *инверсия* (2), повороты вокруг осей, отражения в плоскостях и их комбинации. С трансляционной симметрией совместимы оси симметрии лишь 2-го, 3-го, 4-го и 6-го порядков. Классификация кристаллических решеток по полным наборам элементов симметрии насчитывает 230 так называемых пространственных групп симметрии, полученных теоретически в 1890 г. русским кристаллографом Евграфом Степановичем Фёдоровым (1853–1919).

Структура реальных кристаллов отличается от идеализированной схемы, описываемой понятием кристаллической решетки. Узлам решетки соответствуют не сами атомы или ионы, а лишь их положения *равновесия*, около которых они совершают колебания. В реальном кристалле всегда имеются различного

рода дефекты кристаллической решетки — примесные атомы, вакансии, *дислокации* и т.п.

кристаллография / crystallography // Kristallographie *f*, Kristallkunde *f*: наука об атомно-молекулярном строении, симметрии, физических свойствах и формах *кристаллов*.

критерий / criterion, test, testing // Kriterium *n*: в математике — необходимое и достаточное условие, например, *критерий Коши*.

критерий Коши / Cauchy condition, Cauchy test for convergence // Cauchysches Konvergenzkriterium: 1) необходимое и достаточное условие сходимости числовой *последовательности* или *ряда*. Последовательность $x_1, x_2, \dots$ имеет конечный предел в том и только том случае, когда для любого числа $\epsilon > 0$ существует такой номер $N(\epsilon)$, что при любых $m \geq N(\epsilon)$, $n \geq N(\epsilon)$ выполняется неравенство $|x_n - x_m| < \epsilon$. Ряд $a_1 + a_2 + \dots$ сходится в том и только том случае, когда для любого числа $\epsilon > 0$ существует такой номер $N(\epsilon)$, что при любых $m \geq N(\epsilon)$ и любых целых $p \geq 1$ выполняется неравенство $|a_m + a_{m+1} + \dots + a_{m+p}| < \epsilon$.

2) необходимое и достаточное условие существования *предела* функции. Пусть функция $f(x)$ определена в некоторой *окрестности* D точки a , за исключением, возможно, самой точки a . Конечный предел функции $f(x)$ при $x \rightarrow a$ существует в том и только том случае, когда для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое число $\delta(\epsilon) > 0$, что при всех $x_1 \in D$ и $x_2 \in D$, удовлетворяющих неравенствам $0 < |x_1 - a| < \delta(\epsilon)$, $0 < |x_2 - a| < \delta(\epsilon)$, выполняется неравенство $|f(x_1) - f(x_2)| < \epsilon$.

критическая температурá / critical temperature // kritische Temperatur: температура, при которой у данного вещества исчезают различия между жидкостью и паром, находящимися в термодинамическом равновесии. При критической температуре плотности *насыщенного пара* и жидкости становятся одинаковыми, граница между ними исчезает и *теплота парообразования* обращается в нуль.

критический / critical // kritisch: в математике: критические точки функции $f(x)$ — (изолированные) точки, в которых *производная* функции равна нулю или не существует. В критических точках функции нескольких переменных $f(x_1, \dots, x_n)$ обращаются в нуль (или не существуют) все *частные производные* 1-го порядка. В физике: критический — предельный, крайний, переходный, пограничный, разделяющий два качественно различных состояния системы, например, *критическая температура*.

критическое состояние / critical state // kritischer Zustand: предельное состояние равновесия двухфазной системы, в котором обе сосуществующие фазы становятся неотличимыми по своим свойствам. На p – T -диаграммах равновесия критическому состоянию соответствует критическая точка, в которой кривая равновесия чистого вещества обрывается. Значения

параметров вещества, соответствующие критическому состоянию, называются критическими (см. *критическая температура*). По мере приближения к критическому состоянию различия в плотности сосуществующих фаз и теплота фазового перехода (например, *теплота парообразования* в случае равновесия пара и жидкости) уменьшаются и в критической точке обращаются в нуль, а флуктуации плотности значительно возрастают.

крóнекеровское произведéние, прямое произведение / Kronecker product // Kronecker-Produkt n : кронекеровское (прямое, поэлементное) произведение *матриц* определяется следующим образом. Пусть a_{ij} — элементы $(m \times n)$ -матрицы A , b_{kl} — элементы $(p \times q)$ -матрицы B , тогда кронекеровское произведение $A \otimes B$ — это $(mn \times pq)$ -матрица вида

$$\begin{pmatrix} a_{11}B & \dots & a_{1n}B \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}B & \dots & a_{mn}B \end{pmatrix}$$

Например, кронекеровское произведение (2×2) -матриц A и B :

$$A \otimes B = \begin{pmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{pmatrix}.$$

круг / disk, disc // Kreis m , Kreisscheibe f : плоская фигура, ограниченная *окружностью*. Круг радиуса r с центром в точке O — множество точек плоскости, удалённых от точки O на плоскости на расстояние, не превышающее r . *Декартовы координаты* (x, y) точек круга удовлетворяют неравенству $x^2 + y^2 \leq r^2$, если начало координат совпадает с центром круга. Если на плоскости вращать прямолинейный отрезок OB вокруг точки O , то он будет описывать круг с центром в этой точке и радиусом, равным длине отрезка. Площадь круга $S = \pi r^2$, длина окружности $l = 2\pi r$, где $\pi \approx 3,1416$ (см. *число π*).

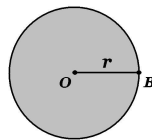


Рис. 86: Круг

круг кривизный / circle of curvature, osculating circle // Krümmungskreis m , Oskulationskreis m : всякую гладкую кривую в каждой её точке можно

аппроксимировать дугой некоторой окружности; ограниченный такой окружностью круг называется кругом кривизны. Пусть A_1, A, A_2 — три точки на кривой γ , не лежащие на одной прямой, причём точка A находится между A_1 и A_2 .

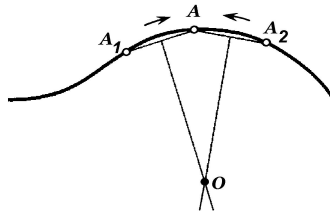


Рис. 87: К определению круга кривизны

Проведём окружность через точки A_1, A, A_2 и устремим точки A_1 и A_2 к A ; в пределе эта окружность превращается в окружность *кривизны* кривой γ в точке A . Радиус окружности кривизны называется радиусом кривизны кривой, центр окружности — центром кривизны, а круг, ограниченный окружностью кривизны, — кругом кривизны.

крѹ́глый / round // rund: на плоскости — имеющий форму *круга*, в пространстве — форму *шара*.

круговѹ́й процѣ́сс, цикл / circular process, cycle // Kreisprozess m : термодинамический процесс (см. *термодинамическая система*), при совершении которого система, претерпев ряд изменений, возвращается в исходное состояние. Параметры системы и функции состояния (внутренняя энергия, энтропия и др.) вновь принимают первоначальные значения. Различают равновесные (точнее, квазиравновесные) круговые процессы, в которых все промежуточные состояния близки к состояниям равновесия (см. *цикл Карно*), и неравновесные круговые процессы, в которых хотя бы один из участков представляет собой неравновесный процесс. На основе обратимых круговых процессов строится термодинамическая шкала температур, дается математическое выражение *второго начала термодинамики*, рассчитывается максимальный теоретически возможный КПД теплового двигателя, получаются другие важные термодинамические соотношения.

кру́жок / circle, society // Kreis m : небольшая группа людей, добровольно изучающих совместно какую-либо область науки, искусства или политики. «Математический кружок» / mathematical circle (for young students) // mathematischer Kreis.

крути́знá / steepness // Steilheit f : степень наклона.

крути́льные весы́ / torsion balance // Torsionswaage f : чувствительный физический прибор для измерения малых сил. Изобретен в 1784 г. французским

физиком Ш. Кулоном (Charles Augustin Coulomb, 1736–1806) и применен им для исследования закона взаимодействия точечных электрических зарядов (см. *закон Кулона*). Представляет собой лёгкое коромысло, подвешенное (в середине) к тонкой упругой нити. Когда силы, действующие на плечи коромысла, направлены в противоположные стороны, коромысло поворачивается, так как возникает закручивающий момент. По углу поворота коромысла вычисляются действующие на него силы. В 1798 году английский учёный Г. Кавендиш (Henry Cavendish, 1731–1810) измерил при помощи крутильных весов силу притяжения двух шаров известной массы, что позволило определить численное значение постоянной в *законе всемирного тяготения* (см. *гравитационная постоянная*) и рассчитать на этой основе массу и среднюю плотность Земли (опыт по «взвешиванию» Земли). С помощью крутильных весов Пётр Николаевич Лебедев (1866–1912) впервые измерил *давление света* (1899). Во второй половине 20-го века крутильные весы использовались для проверки пропорциональности инертной и гравитационной массы — положения, лежащего в основе релятивистской теории тяготения (*общей теории относительности*).

крути́льный / torsional, rotational, twisting // Torsions=, Verdrehungs=: крутильные колебания — колебания, при которых возвращающая сила возникает за счёт закручивания упругой нити или пружины; эта сила пропорциональна углу закручивания. См. также *крутильные весы*.

крутя́щий момен́т, момент силы / torque, moment of force // Drehmoment m : момент $\vec{N}$ силы $\vec{F}$ относительно некоторой точки O по определению равен векторному произведению радиуса-вектора $\vec{r}$, проведенного из этой точки O в точку приложения силы, на вектор силы $\vec{F}$: $\vec{N} = \vec{r} \times \vec{F}$. Величина крутящего момента равна произведению приложенной силы на плечо силы (т.е. на расстояние от точки O до линии действия силы). Момент пары сил (т.е. двух равных по величине противоположно направленных сил) не зависит от выбора точки O , т.е. одинаков относительно всех точек. Величина крутящего момента пары сил равна произведению модуля одной из сил на плечо пары, т.е. на расстояние между линиями действия сил.

круче́ние 1 / torsion, twisting // Torsion f , Verdrehung f : в механике — деформация, возникающая в упругой нити или в стержне при приложении к его концу пары сил, результирующий вектор *крутящего момента* которой направлен вдоль оси стержня. Отдельные элементы стержня при этом подвержены деформации сдвига. При небольших деформациях крутящий момент N , необходимый для закручивания цилиндрического стержня на некоторый угол φ , пропорционален этому углу: $N = D\varphi$ (*закон Гука*). Коэффициент пропорциональности D , называемый модулем

кручения, обратно пропорционален длине стержня и прямо пропорционален четвертой степени его диаметра.

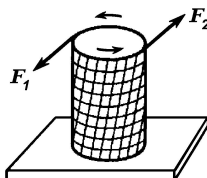


Рис. 88: Кручение

кручение 2, вторая кривизна / torsion, second curvature // Windung f , Torsion f , zweite Krümmung: в геометрии — характеристика *пространственной кривой*, описывающая её отклонение от плоской формы, см. *сопровождающий триэдр*.

ксенон / хепон // Xenon n : инертный газ, элемент *периодической системы химических элементов* (Xe, номер 54).

ксерография / xerography // Xerographie f : способ получения фотокопий, основанный на электростатическом действии света на полупроводник. Исходное изображение (оригинал) оптически проектируют на селеновый валик или пластину, равномерно покрытую электрическими зарядами. Те участки, куда падает свет, разряжаются, а затемнённые места остаются заряженными. Пластину посыпают красящим порошком, причём порошок прилипает только к заряженным местам пластины, прижимают к ней бумагу и прогревают, в результате чего получается искомая копия.

ксерокопия / xerographic copy, photocopy, Xerox copy // Fotokopie f , Xerokopie f : фотокопия, изготовленная методом *ксерографии*.

куб 1) cube // Würfel m : в геометрии — *прямоугольный параллелепипед*, все шесть граней которого — равные квадраты; 2) «куб» в анализе и алгебре — третья степень числа: «Два в кубе равно восьми» / two cubed is eight // zwei hoch drei ist acht.

кубатурная формула / cubature formula // Kubaturformel f : приближённая формула для вычисления *двойных интегралов*, аналог *квадратурной формулы*. Именно,

$$\iint_D f(x, y) dx dy \approx \sum_{k=1}^n A_k f(x_k, y_k),$$

где точки (x_k, y_k) — узлы, A_k — коэффициенты кубатурной формулы. Для *тройных интегралов* аналогичные формулы также называются кубатурными.

кубический корень, кубичный корень / cubic root // kubische Wurzel, Kubikwurzel f : обозначение $\sqrt[3]{}$ для операции, обратной возведению в куб

(т.е. в 3-ю степень). В множестве *вещественных чисел* кубический корень определяется следующим образом: пусть $b = a^3$, тогда $a = \sqrt[3]{b}$. Вычисление кубического корня называют также «извлечением кубического корня». В множестве *комплексных чисел* кубический корень из числа b определяется как любое (комплексное) число a , куб которого равен b . При этом у всякого ненулевого числа имеется три кубических корня (см. также *корень*). Например, $w_k = \sqrt[3]{-8} = 2(\cos(\frac{\pi+2\pi k}{3}) + i \sin(\frac{\pi+2\pi k}{3}))$, где $k = 0, 1, 2$. При $k = 1$ получается $w_1 = -2$, при $k = 0$ и $k = 2$, соответственно, $w_0 = 2(\cos \frac{\pi}{3} + i \sin \frac{\pi}{3}) = 1 + i\sqrt{3}$ и $w_2 = 2(\cos \frac{5\pi}{3} + i \sin \frac{5\pi}{3}) = 1 - i\sqrt{3}$.

кубический метр, кубометр, (сокр. куб.м, м³) / cubic meter // Kubikmeter n : единица измерения объёма, равная объёму куба со стороной 1 м.

кубическое уравнение / cubic equation // kubische Gleichung: алгебраическое уравнение 3-й степени $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$, $a \neq 0$. Корни уравнения находятся по *формуле Кардано*.

кулон / coulomb // Coulomb n : единица электрического *заряда* в *системе СИ* — электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за 1 *секунду* при *силе тока* 1 *ампер*.

курс 1 / course, year // Kurs m : «Студент второго курса» / a student of the second year // Student drittes (viertes) Semesters.

курс 2 / course // Kursus m , Lehrgang m : курс лекций.

курсив / italics // Kursivschrift f : наклонный шрифт, употребляемый для выделения отдельных слов или предложений, например, *теорема*.

курсор / cursor // Cursor m : метка на экране компьютера, указывающая место, куда будет поставлена следующая буква (при наборе текста) или открыто «окно».

кусочно-гладкий / piecewise smooth // stückweise glatt: функция $f(x)$ называется кусочно-гладкой на интервале (a, b) , если эта функция *непрерывна*, а её *производная* $f'(x)$ *кусочно-непрерывна* на интервале (a, b) . Плоская (ограниченная) кривая называется кусочно-гладкой, если её можно разбить на конечное число *гладких кривых*. График кусочно-гладкой функции $f(x)$ — кусочно-гладкая кривая, имеющая угловые точки там, где разрывна $f'(x)$.

кусочно-линейный / piecewise linear // stückweise linear: *непрерывная* функция $f(x)$ называется кусочно-линейной, если её область определения состоит из интервалов, на каждом из которых функция совпадает с какой-нибудь *линейной функцией*.

кусочно-непрерывный / piecewise continuous // stückweise stetig: функция $f(x)$ называется кусочно-непрерывной на интервале (a, b) , если она *непрерывна* во всех точках этого интервала за исключением конечного числа точек *разрыва* 1-го рода.

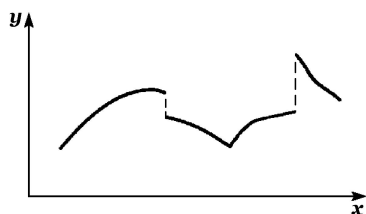


Рис. 89: Кусочно-непрерывная функция

кусочно-постоянная функция / step function, piecewise constant function // Treppenfunktion f , stückweise konstante Funktion: функция $f(x)$ называется кусочно-постоянной, если она *кусочно-непрерывна* и на каждом интервале непрерывности совпадает с какой-нибудь постоянной. На концах интервалов постоянства функция имеет *разрывы 1-го рода* (скачки). Пример: *целая часть числа*.

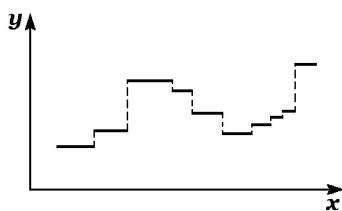


Рис. 90: Кусочно-постоянная функция

кюри́ (Ки) / Curie (Cu) // Curie n : внесистемная единица активности изотопа в радиоактивном источнике. Названа в честь французских ученых П. Кюри (Pierre Curie, 1859–1906) и М. Склодовской-Кюри (Maria Skłodowska-Curie, 1867–1934). 1 Ки — активность изотопа, в котором за время 1 с происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ актов распада.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Л

лаборато́рия / laboratory // Laboratorium n , Labor n : 1) помещение, оборудованное для проведения экспериментальных научных исследований или учебных опытов; 2) учреждение или его отдел, ведущие экспериментальную научно-исследовательскую работу.

Лагранже́ (Josef Louis de Lagrange, 1736–1813): французский математик. Внёс крупный вклад в развитие математического анализа, аналитической механики, методов приближённых вычислений. С его именем связаны, в частности, *формула Лагранжа* конечных приращений, *метод множителей Лагранжа* в исследовании условных экстремумов, *уравнения Лагранжа* в вариационном исчислении и теоретической механике, *интерполяционный многочлен* Лагранжа и др.

ла́зер / laser // Laser m : оптический квантовый генератор — устройство, генерирующее *когерентный* свет (когерентное электромагнитное излучение) за счет *вынужденного излучения* света активной средой, помещенной в оптический резонатор. Слово laser представляет собой аббревиатуру английского выражения «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» — усиление света вынужденным испусканием излучения. Первый лазер был создан американским физиком Т. Мейманом (Theodore Maiman) в 1960 г. Основное отличие лазерных источников света — высокая *когерентность* излучения. Излучение нелазерных источников света представляет собой по существу световой шум, образуемый наложением большого числа волн конечной протяжённости, т.е. волновых цугов со случайными фазами, испускаемых множеством возбужденных элементарных излучателей (атомов) независимо друг от друга в актах *спонтанного излучения*. Принцип работы лазеров основан на явлении вынужденного испускания фотонов возбуждёнными атомами, происходящего под действием электромагнитного поля.

Преобладание вынужденного излучения над поглощением при распространении волны с частотой $\omega = (E_2 - E_1)/\hbar$ возможно в активной среде в условиях *инверсии населенностей*, когда число частиц N_2 на верхнем рабочем энергетическом уровне с энергией E_2 больше, чем число частиц N_1 на нижнем уровне с энергией E_1 ($N_2 > N_1$). Усиление волны по мере её распространения в активной среде происходит по экспоненциальному закону. Когерентность генерируемого излучения обеспечивается тождественностью фотонов, испускаемых в актах вынужденного излучения, с фотонами исходной волны. Для превращения квантового усилителя в генератор

используют положительную обратную связь, в результате которой электромагнитная волна, испущенная частицами активной среды, многократно вызывает в этой среде новые акты вынужденного испускания точно таких же волн.

Лазеры классифицируют по характеру используемой активной среды (газовые, твердотельные, полупроводниковые, жидкостные), по способам накачки, т.е. создания инверсии населенностей (лазеры с оптической накачкой, инжекционные, газодинамические, химические и др.) и по режиму генерации (лазеры непрерывного излучения, импульсные лазеры).

Применения лазеров чрезвычайно многообразны. Благодаря возможности концентрировать энергию когерентного излучения в пространстве (возможности сфокусировать излучение лазера в области размерами порядка длины световой волны), по направлению распространения (пучки с минимальной теоретически возможной расходимостью) и во времени (короткие и сверхкороткие импульсы), мощные лазеры находят применение в технологии: лазерные сварка, резка, металлургия, разделение изотопов, термоядерный синтез, лазерная связь. Сверхстабильные лазеры используются в оптических стандартах частоты, в метрологии, а также как основа лазерных гироскопов и других навигационных приборов, сейсмографов, гравиметров и иных точных физических приборов. Лазеры широко применяются в медицине при диагностике и лечении многочисленных заболеваний и как бескровные скальпели. Лазерная локация планет позволила уточнить значение астрономической постоянной и расширила знания об атмосферах и строении поверхности планет. С появлением лазеров связано рождение многих новых разделов физики, таких как *нелинейная оптика* и *голография*.

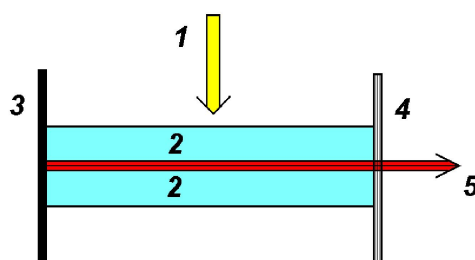


Рис. 91: Устройство лазера: 1 - накачка, 2 - активная среда, 3 - непрозрачное зеркало, 4 - полупрозрачное зеркало, 5 - лазерный луч

лаку́на / gar // Lücke *f*: в математике (в теории операторов): промежуток между интервалами непрерывного *спектра оператора*. См. также *уравнение Хилла*.

ламина́рное течéние / laminar flow // laminare Strömung: упорядоченное безвихревое движение жидкости или газа, при котором частицы движутся

по гладким траекториям, не образуя завихрений (в отличие от *турбулентного* течения). Ламинарное течение наблюдается или у очень вязких жидкостей, или при достаточно малых скоростях, а также при медленном обтекании тел малых размеров. В частности, ламинарное течение имеет место в узких капиллярных трубках, в слое смазки в подшипниках, в тонком пограничном слое вблизи поверхности тел при обтекании их жидкостью или газом. Ламинарное течение возможно лишь при условиях, когда *число Рейнольдса* Re меньше некоторого критического значения (в круглых трубках $Re < 2300$).

лантанóиды / lanthanides // Lanthaniden *pl*: группа из 14 химических элементов с номерами от 58 (церий, Ce) до 71 (лютеций, Lu) *периодической системы химических элементов*.

Лаплас (Pierre Simon Marquis de Laplace, 1749–1827): французский математик и астроном. Фундаментальный вклад в *теорию вероятностей* (теорема Муавра – Лапласа, распределение Лапласа), исследование возмущения планетных орбит под влиянием притяжения других планет, гипотеза о происхождении Солнечной системы. См. также *уравнение Лапласа*, *преобразование Лапласа* и *асимптотика интегралов*.

лапласиáн: то же, что *оператор Лапласа*.

Лебёг (Henri-Léon Lebesgue, 1875–1941): французский математик, один из создателей современной теории интегрирования. На основе теории меры ввёл обобщение интеграла Римана — *интеграл Лебега*. Значительные работы также в топологии, теории рядов Фурье и теории потенциала.

лебёгова мэра: см. *мера Лебега*.

лёвая систéма координáт / left-handed coordinate system // linkshändiges Koordinatensystem: см. *правая система координат*.

лёвая часть уравнénия / left-hand side [or: left side, or: first member] of an equation // linke Seite [oder: erste Seite] der Gleichung: в уравнении $A = B$ выражение A . См. также *правая часть уравнения*.

лёд / ice // Eis *n*: замороженная жидкость (вода).

Лежáндр (Adrien Marie Legendre, 1752–1833): французский математик, исследователь в области математического анализа. Его именем названы, в частности, *полиномы Лежандра* и *уравнение Лежандра*.

Лéйбниц (Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646–1716): немецкий философ, учёный-энциклопедист, инженер и дипломат. С его именем в математике связаны формула вычисления производной n -го порядка от произведения функций, признак сходимости *знакопередающего ряда*, связь неопределённого и определённого интегралов (*формула Ньютона – Лейбница*), обозначения для *дифференциала* df и *производной* $\frac{df}{dx}$.

лёмма / lemma // Lemma *n*, Hilfssatz *m*: вспомогательное утверждение, предшествующее *теореме*.

лемнискáта / lemniscate // Lemniskate *f*: плоская кривая, по форме напоминающая символ ∞ . Уравнение лемнискаты в *декартовых координатах*: $(x^2 + y^2)^2 - 2a^2(x^2 - y^2) = 0$, в *полярных координатах*: $r^2 = 2a^2 \cos 2\phi$. Лемниската обладает следующим свойством: произведение расстояний от любой её точки до точек $(-a, 0)$ и $(a, 0)$ (называемых фокусами) постоянно и равно a^2 .

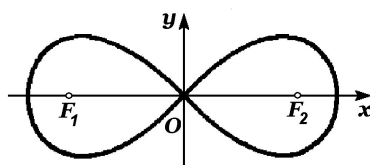


Рис. 92: Лемниската

лептóны / leptons // Leptonen *pl*: класс элементарных частиц, не участвующих в *сильных взаимодействиях*. К лептонам относятся электрон, мюон, нейтрино, тяжелый лептон и соответствующие им античастицы. Все лептоны имеют спин $\frac{1}{2}$, т.е. относятся к фермионам.

либра́ция Луны́ / libration of the Moon // Mondlibration *f*: видимые периодические маятникообразные колебания Луны около её центра, вследствие которых наблюдатель на Земле может увидеть несколько больше половины поверхности Луны несмотря на то, что Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Оптическая, или геометрическая либрация происходит вследствие того, что Луна движется вокруг Земли по своей эллиптической орбите неравномерно (быстрее вблизи перигея и медленнее вблизи апогея), в то время как около своей оси она вращается с постоянной угловой скоростью. Наибольшая величина геометрической либрации по долготе составляет $7^\circ 45'$. Либрация по долготе сопровождается либрацией по широте на угол до $6^\circ 41'$, происходящей вследствие того, что ось вращения Луны наклонена к плоскости лунной орбиты на угол $83^\circ 19'$. Существует ещё и суточная, или параллактическая либрация (доходящая до 1°), обусловленная тем, что наблюдатель смотрит на Луну по слегка различным направлениям вследствие своего перемещения при суточном вращении Земли. В результате сложения этих трех либраций с Земли можно наблюдать до 60% лунной поверхности.

Кроме оптической либрации, существует также физическая либрация. Луна представляет собой не идеальный шар, а скорее трехосный эллипсоид, большая ось которого направлена в среднем вдоль линии Земля — Луна. Вследствие оптической либрации большая ось этого эллипсоида периодически отклоняется от точного направления на центр Земли. Поэтому тяготение

Земли создает дополнительно переменную пару сил, приложенную к Луне и качающую её на угол до $2'$.

линеа́л: то же, что *линейная оболочка*.

линеариза́ция / linearization // Linearisierung f : приближённая замена нелинейного уравнения линейным. Примеры: 1) Нелинейное уравнение колебаний математического маятника можно при малых углах отклонения θ приближённо заменить линейным уравнением, положив $\sin \theta \approx \theta$. 2) В методе Ньютона при вычислении корня нелинейного уравнения заменяют это уравнение его линейным приближением, из которого находят приближённое значение корня; повторяя далее эту процедуру, получают следующие, всё более точные, приближения.

лине́йная а́лгебра / linear algebra // lineare Algebra: раздел алгебры, изучающий векторные пространства и линейные преобразования в них, а также линейные, квадратичные и полилинейные формы.

лине́йная оболо́чка / linear closure, span // lineare Hülle: пусть $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_p$ — векторы евклидова пространства $\mathbf{R}^n$. Множество M всех линейных комбинаций вида $\alpha_1 \vec{x}_1 + \dots + \alpha_p \vec{x}_p$ называется линейной оболочкой векторов $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_p$. Линейная оболочка является подпространством пространства $\mathbf{R}^n$; говорят, что подпространство M натянуто на векторы $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_p$.

лине́йная систе́ма алгебраических уравне́ний: то же, что *система линейных алгебраических уравнений*.

лине́йная фо́рма / linear form // lineare Form: линейной формой от переменных $x_1, \dots, x_n$ называется функция вида $\phi = a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$, где $a_1, \dots, a_n$ — постоянные числа (коэффициенты линейной формы). Если коэффициенты и переменные рассматривать как координаты векторов евклидова пространства $\mathbf{R}^n$: $\vec{a} = (a_1, \dots, a_n)$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$, то линейную форму можно записать в виде скалярного произведения: $\phi = (\vec{a}, \vec{x})$.

лине́йная фу́нкция / linear function // lineare Funktion: линейная функция одного переменного x имеет вид $f(x) = ax + b$, где a и b — постоянные числа. Линейная функция переменных $x_1, \dots, x_n$ имеет вид $f(x_1, \dots, x_n) = a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + b$, где $a_1, \dots, a_n$ и b — постоянные числа.

лине́йное дифференциальное уравне́ние / linear differential equation // lineare Differentialgleichung: дифференциальное уравнение, в которое искомая функция и её производные входят линейно.

Общий вид линейного обыкновенного дифференциального уравнения n -го порядка:

$$a_n(x)y^{(n)} + a_{n-1}(x)y^{(n-1)} + \dots + a_1(x)y' + a_0(x)y = f(x),$$

где x — независимая переменная, $y = y(x)$ — искомая функция, $y^{(k)}$ — её k -я производная, $a_k(x)$ — заданные функции («коэффициенты»), $f(x)$

— заданная функция («правая часть уравнения»). См. также *линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка* и *линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами*.

Линейные дифференциальные уравнения с частными производными, наиболее важные в приложениях:

1-го порядка:

$$\sum_{k=1}^m a_k(\vec{x}) \frac{\partial u}{\partial x_k} + b(\vec{x})u = f(\vec{x}),$$

где $u = u(\vec{x})$ — искомая функция от независимых переменных $x_1, \dots, x_m$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_m)$, $a_k(\vec{x})$ и $b(\vec{x})$ — заданные функции («коэффициенты»), $f(\vec{x})$ — заданная функция («правая часть уравнения»);

2-го порядка:

$$\sum_{i,k=1}^m a_{ik}(\vec{x}) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} + \sum_{k=1}^m b_k(\vec{x}) \frac{\partial u}{\partial x_k} + c(\vec{x})u = f(\vec{x}).$$

См. также *волновое уравнение*, *уравнение Лапласа*, *уравнение Пуассона*, *уравнение теплопроводности*.

линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка / linear differential equation of the 1st order // lineare Differentialgleichung erster Ordnung: *обыкновенное дифференциальное уравнение* вида $y' + p(x)y = q(x)$, где $y(x)$ — искомая функция, x — независимая переменная, $p(x)$, $q(x)$ — заданные функции. Общее решение уравнения: $y(x) = M(x)(C + \int \frac{q(x)}{M(x)} dx)$,

где C — произвольная постоянная, а $M(x) = e^{-\int p(x) dx}$ — решение однородного линейного уравнения, т.е. решение уравнения при $q(x) \equiv 0$.

линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами / linear differential equation with constant coefficients // lineare Differentialgleichung mit konstanten Koeffizienten: *линейное обыкновенное дифференциальное уравнение* вида (*) $a_n y^{(n)} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots + a_1 y' + a_0 y = f(x)$, где $y = y(x)$ — искомая функция от независимой переменной x , a_k — заданные числа («коэффициенты»), $a_n \neq 0$, $f(x)$ — заданная функция («правая часть уравнения»). Если $f(x) \equiv 0$, уравнение называется однородным; для его решения составляют «характеристическое уравнение» (**) $a_n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \dots + a_1 \lambda + a_0 = 0$. Каждому k -кратному корню λ_m уравнения (**) соответствует k *линейно независимых* решений однородного уравнения: $e^{\lambda_m x}$, $x e^{\lambda_m x}$, $\dots$, $x^{k-1} e^{\lambda_m x}$. Общее решение однородного уравнения — *линейная комбинация* всех решений указанного вида. Метод *вариации произвольных постоянных* позволяет построить общее решение уравнения (*).

линейное программирование / linear programming, linear optimization // lineare Optimierung, Linearprogrammierung f : раздел математики,

посвящённый теории и методам решения задач об *экстремумах* линейных функций на множествах конечномерного *векторного пространства* X , задаваемых системами линейных уравнений и линейных неравенств. Типичная задача линейного программирования: найти максимум функции $f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{k=1}^n c_k x_k$ при условиях:

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} x_k \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, n, \quad (*)$$

где c_k , a_{ik} , b_i — заданные числа. Задачи такого рода возникают в экономике, например, при поиске оптимального плана производства определённого вида изделий (см. также *транспортная задача*). Один из основных методов решения задач линейного программирования — симплексный метод, основанный на геометрическом смысле условий (*): они задают в пространстве X многогранную поверхность, причём одной из вершин этой поверхности соответствует решение задачи. Разработаны эффективные процедуры для нахождения искомой вершины.

линейное пространство, векторное пространство / linear space // linearer Raum: множество X элементов $\vec{x}$, в котором заданы две операции: а) сложение элементов, $\vec{x} + \vec{y}$; б) умножение элементов на числа (действительные или комплексные), $\alpha \vec{x}$. При этом должны выполняться следующие правила, или аксиомы:

1) аксиомы сложения: $\vec{x} + \vec{y} = \vec{y} + \vec{x}$ (коммутативность), $(\vec{x} + \vec{y}) + \vec{z} = \vec{x} + (\vec{y} + \vec{z})$ (ассоциативность);

2) аксиомы умножения на число: $\alpha(\beta \vec{x}) = \beta(\alpha \vec{x})$ (коммутативность), $\alpha(\vec{x} + \vec{y}) = \alpha \vec{x} + \alpha \vec{y}$ (дистрибутивность относительно сложения);

3) существует нулевой элемент $\vec{0}$ со следующими свойствами: $\alpha \vec{0} = \vec{0}$ для любого числа α , $0 \cdot \vec{x} = \vec{0}$ для любого вектора $\vec{x}$.

Элементы линейного пространства называют иногда точками или векторами; для упрощения записей их часто обозначают просто буквами (без стрелок) — если это не ведёт к недоразумениям. Пространства с умножением элементов на действительные (комплексные) числа называют действительными (соответственно, комплексными) пространствами, или пространствами над *полем* действительных (соответственно, комплексных) чисел.

Примеры линейных пространств: *евклидово пространство*, пространство *полиномов*, пространство *непрерывных функций*, *гильбертово пространство*, *банахово пространство*.

линейное уравнение / linear equation // Lineargleichung f : 1) *алгебраическое уравнение* 1-й степени, $ax + b = 0$. Здесь x — искомая величина («неизвестное»), a и b — заданные числа («коэффициенты»), $a \neq 0$. Решение: $x = -\frac{b}{a}$. 2) Общее название для всякого уравнения, в которое искомая функция входит линейно, например, линейное *дифференциальное уравнение*, линейное

интегральное уравнение.

линейно зависимый / linearly dependent // linear abhängig: 1) векторы $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_n$ *линейного пространства* X линейно зависимы, если существуют числа $\gamma_1, \dots, \gamma_n$, не все равные нулю, такие что $\gamma_1 \vec{x}_1 + \dots + \gamma_n \vec{x}_n = \vec{0}$. Например, любые три вектора трёхмерного пространства, лежащие в одной плоскости, линейно зависимы. 2) Функции $f_1(x), \dots, f_n(x)$ линейно зависимы на множестве D , если существуют числа $\gamma_1, \dots, \gamma_n$, не все равные нулю, такие что $\gamma_1 f_1(x) + \dots + \gamma_n f_n(x) \equiv 0$ при всех $x \in D$.

линейно независимый / linearly independent // linear unabhängig: 1) векторы $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_n$ *линейного пространства* X линейно независимы, если равенство $\gamma_1 \vec{x}_1 + \dots + \gamma_n \vec{x}_n = \vec{0}$ имеет место только в том случае, когда все числа $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ равны нулю. Например, орты $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ *декартовой системы координат* в трёхмерном пространстве линейно независимы. Бесконечная последовательность векторов линейного пространства называется линейно независимой, если любая конечная их подпоследовательность линейно независима. Например, линейно независимы векторы-строки бесконечной длины, имеющие вид: $(1, 0, 0, 0, \dots), (0, 1, 0, 0, \dots), (0, 0, 1, 0, \dots), \dots$. Здесь строка номер k имеет «1» на k -м месте, на остальных местах нули.

2) Функции $f_1(x), \dots, f_n(x)$ линейно независимы на множестве D , если тождество $\gamma_1 f_1(x) + \dots + \gamma_n f_n(x) \equiv 0$ (при всех $x \in D$) возможно только когда все числа $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ равны нулю. Пример: функции $y = |x|$ и $y = x$ линейно зависимы на интервале $(0, +\infty)$ и линейно независимы на интервале $(-\infty, +\infty)$. Пример бесконечной линейно независимой системы: $\sin x, \sin 2x, \sin 3x, \dots$, где $x \in (0, \pi)$.

линейно упорядоченное множество: см. *упорядоченное множество*.

линейные системы / linear systems // lineare Systeme: в физике — системы, движения которых удовлетворяют *принципу суперпозиции* и описываются линейными уравнениями. Линейные системы всегда представляют собой идеализацию свойств реальных систем. Упрощение системы, приводящее её к линейной системе, называется *линеаризацией*. Становление большинства разделов физики начиналось с исследования линейных систем, для описания которых возможно применение развитых математических методов.

линейный оператор / linear operator // linearer Operator: *оператор* A с областью определения $D(A)$ в *линейном пространстве* X называется линейным, если для любых $x \in D(A)$, $y \in D(A)$ и произвольных чисел α, β выполняется: 1) $\alpha x + \beta y \in D(A)$; 2) $A(\alpha x + \beta y) = \alpha Ax + \beta Ay$. Примеры линейных операторов: умножение на *матрицу* в пространстве векторов-столбцов, линейные *интегральные операторы* Фредгольма и Вольтерра, *дифференциальные операторы* в *гильбертовом пространстве* L_2 . Если X — *банахово пространство* (в частности, гильбертово пространство) и $D(A)$ — *плотное множество* в X , то говорят, что область определения

оператора A плотна в X . См. также *ограниченный оператор*.

линейчатый спектр / line spectrum // Linienspektrum n : оптический спектр (спектр электромагнитного излучения), состоящий из отдельных спектральных линий, разделенных промежутками. Линейчатые спектры возникают при *квантовых переходах* между дискретными электронными уровнями энергии атомов, ионов или молекул. Спектры испускания соответствуют квантовым переходам с верхних уровней на нижние, спектры поглощения — с нижних на верхние.



Рис. 93: Линейчатый спектр азота

линза / lens // Linse f : прозрачное тело, ограниченное двумя поверхностями, преломляющими световые лучи, благодаря чему тело способно формировать действительные или мнимые *оптические изображения* предметов, светящихся собственным или отраженным (рассеянным) светом. Чаще всего линзы используются как элементы оптических систем. Наиболее употребительны линзы, обе преломляющие поверхности которых обладают общей осью симметрии, а среди них — линзы со сферическими поверхностями. Материалом для линз обычно служит оптическое стекло или прозрачная пластмасса.

Наиболее просто описывается преобразование линзой *параксиальных пучков* лучей, проходящих через линзу на небольших расстояниях от оптической оси и образующих с ней малые углы. Поведение таких лучей полностью определяется положением кардинальных точек (фокусов и главных точек). Если линза преобразует падающий на нее параллельный пучок лучей в сходящийся, ее называют собирающей; если параллельный пучок превращается в расходящийся, линзу называют рассеивающей. Мерой преломляющего действия линзы служит её *оптическая сила* — величина, обратная фокусному расстоянию и измеряемая в *диоптриях*. У собирающих линз оптическая сила положительна, у рассеивающих — отрицательна. Линза называется тонкой, если её толщина много меньше радиусов кривизны преломляющих поверхностей.

Собирающая линза формирует действительное изображение предмета, когда он расположен перед фокусом линзы. Если предмет расположен между фокусом и линзой, исходящие от него лучи после прохождения через линзу расходятся. В этом случае линза формирует мнимое изображение, которое расположено за линзой и образовано не самими лучами, а их продолжением назад. Рассеивающая линза всегда дает мнимое изображение предмета.

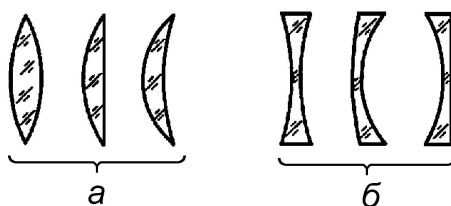


Рис. 94: Линзы: а - собирающие, б - рассеивающие

ли́нии то́ка / streamlines // Stromlinien *pl*, Strömungslinien *pl*: в гидроаэромеханике — линии, в каждой точке которых касательная совпадает по направлению со скоростью частицы жидкости или газа в данный момент времени. Совокупность линий тока дает наглядную картину движения жидкости или газа в данный момент, представляя как бы моментальный снимок течения. В стационарном потоке линии тока совпадают с траекториями частиц жидкости.

ли́нии Фраунго́фера / Fraunhofer lines // Fraunhofer-Linien *pl*, Fraunhofersche Linien: линии поглощения в спектре Солнца. Впервые эти линии наблюдал в 1802 г. английский физик У. Волластон (William Hyde Wollaston, 1766–1828), а в 1814 г. они были снова обнаружены и подробно описаны немецким физиком Й. Фраунгофером (Josef von Fraunhofer, 1787–1826). Правильное объяснение происхождения этих линий дал немецкий физик Г. Кирхгоф. В видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой частях спектра наблюдается более 20 тысяч линий Фраунгофера, многие из которых отождествлены со спектральными линиями известных химических элементов.

ли́ния / line // Linie *f*: 1) *прямая линия*; 2) *кривая*; 3) единица длины в английской системе единиц: 1 линия ($1''''$) = $1/12$ части дюйма $\approx 2,17$ мм.

лист Дека́рта: см. *декартов лист*.

лист Ме́биуса / Möbius band // Möbiussches Band: гладкая поверхность, модель которой можно получить, если один из концов бумажной ленты перевернуть на 180° и склеить с другим концом (см. также *отождествлять*). Лист Ме́биуса — локально двусторонняя поверхность, глобально (в целом) — односторонняя поверхность. Это означает следующее: если до склеивания одна сторона ленты была покрашена в синий цвет, а другая в красный, то после склеивания в месте склейки получится переход от одного цвета к другому. Поэтому после склеивания красная и синяя стороны ленты образуют вместе одну единую поверхность Ме́биуса, имеющую всего одну сторону, причем одна половина этой единой стороны будет синяя, а другая

половина красная. Если переменная точка будет непрерывно двигаться по листу Мёбиуса, начиная движение с синей стороны ленты, то после пересечения линии склейки эта точка окажется на красной стороне ленты, но при этом по-прежнему на одной и той же стороне поверхности: другой стороны просто не существует. Если на одной из сторон ленты предварительно нарисовать среднюю линию, а после склеивания разрезать лист Мёбиуса по этой средней линии, то поверхность превратится в двустороннюю. Поверхность была открыта в 1858 г. немецким математиком и астрономом Мёбиусом (August Ferdinand Möbius, 1790–1868).

литература / references, list of references, bibliography, literature // Literatur *f*, Literaturverzeichnis *n*, Quellennachweis *m*: библиография, список книг и статей, упомянутых в тексте данной работы.

лѣтий / lithium // Lithium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Li, номер 3).

литр / liter // Liter *n*: единица измерения объёма: 1 литр (1 л) равен объёму куба со стороной 10 см; 1000 литров составляют 1 *кубический метр* [сокр: кубометр, куб.м, м³].

Лиувиль (Josef Liouville, 1809–1882): французский математик. Значительный вклад в теорию функций, теорию чисел, дифференциальные уравнения, теоретическую механику.

Лобачёвский Николай Иванович (1792–1856): российский математик, создатель неевклидовой геометрии (1829). Труды по алгебре, математическому анализу, теории вероятностей, физике, астрономии. С его именем связаны, в частности, неевклидова гиперболическая геометрия Лобачевского, метод Лобачевского для вычисления корней многочленов, признак Лобачевского для сходимости рядов.

ловушка / trap // Haftstelle *f*, Trap *m*: в полупроводниках — примесный атом или иной дефект кристалла, способный захватить носитель заряда в связанное состояние; магнитная ловушка — конфигурация магнитного поля, обеспечивающая удержание заряженной частицы в ограниченном объеме в течение продолжительного времени.

логарифм / logarithm // Logarithmus *m*: пусть a , x и y — действительные числа, причем $a > 0$, $a \neq 1$. Если $y = a^x$, то число x называется логарифмом по основанию a числа y . Обозначение: $x = \log_a y$. Логарифм по основанию 10 называется десятичным логарифмом и обозначается $\lg$ (в некоторых книгах: $\log$), логарифм по основанию e (см. *число e*) — натуральным логарифмом и обозначается $\ln$ (в некоторых книгах: Log). Свойства логарифмов: $\log_a 1 = 0$, $\log_a a = 1$, $\log_a bc = \log_a b + \log_a c$, $\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$, $\log_a b^c = c \log_a b$, $\log_a b = 1 / \log_b a$, $\log_a x = \log_b x \cdot \log_a b$. Пользование логарифмами значительно облегчает вычисления, поскольку заменяет умножение чисел сложением их логарифмов, а возведение в

степень — умножением логарифма числа на показатель степени.

Понятие логарифма обобщается на *комплексные числа*. Именно, пусть w — произвольное комплексное число, не равное нулю. Натуральным логарифмом числа w называется любое комплексное число z такое, что $w = e^z$. Запишем число w в тригонометрической форме: $w = r(\cos \phi + i \sin \phi)$, тогда $\ln w = \ln r + i\phi + 2k\pi i$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, где $\ln r$ означает обычный натуральный логарифм (см выше). Таким образом, в множестве комплексных чисел любое ненулевое число имеет бесконечно много логарифмов, отличающихся друг от друга на $2\pi i$. Например, $\ln 1 = 2k\pi i$, $\ln(-1) = \pi i + 2k\pi i$.

логарифмировать / take the logarithm // logarithmieren: находить логарифм какого-либо выражения, пользуясь свойствами логарифмов, например:

$$\ln \frac{x^3 \sqrt{128y}}{m^n e^{\cos x}} = 3 \ln x + 0,5(7 \ln 2 + \ln y) - n \ln m - \cos x.$$

логарифмическая функция / logarithmic function // logarithmische Funktion: функция $\log_a x$, где $\log_a$ — *логарифм* (обычно рассматривается натуральный логарифм, $\ln$). Действительная логарифмическая функция $y = \ln x$ определена при $x > 0$; комплексная функция $w = \ln z$ определена на бесконечно-листной *римановой поверхности*. Главное значение (principle value // Hauptwert m) логарифма: $\ln z = \ln |z| + i \arg z$, $-\pi < \arg z < +\pi$.

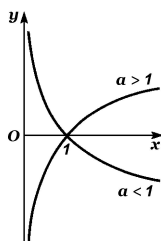


Рис. 95: Логарифмическая функция $\log_a x$

логи́ка / logic // Logik f : а) наука о способах доказательств и опровержений; б) совокупность научных теорий, в каждой из которых рассматриваются определённые способы доказательств и опровержений. Различают индуктивную и дедуктивную логику, а в последней — классическую, конструктивную, модальную, интуиционистскую и др. Целью этих теорий является описание таких способов рассуждений, которые от истинных исходных суждений приводят к истинным суждениям-следствиям. Важную роль играют приложения

логики в информатике, вычислительной математике, лингвистике, теории автоматов и т.д. См. также *математическая логика, логика высказываний, логика предикатов*.

логи́ка выска́зываний, исчисление суждений, исчисление высказываний / propositional calculus, logic of propositions // Aussagenkalkül *n*, formale Aussagenlogik: раздел *логики*, в котором развиваются способы построения высказываний из элементарных (не разлагаемых и не анализируемых) высказываний с помощью *логических операций*. Логику высказываний, задаваемую системой аксиом и правил вывода, называют также исчислением высказываний.

логи́ка предика́тов, исчисление предикатов / predicate calculus, predicate logic, calculus of quantifiers // Prädikatenkalkül *n*, Prädikatenlogik *f*, Quantorenlogik *f*: формальная аксиоматическая теория, предназначенная для описания логических законов, справедливых для любой непустой области объектов с произвольными заданными на этих объектах *предикатами* (т.е. свойствами и отношениями).

логи́ческая опера́ция / logical operation // logische Operation, logische Verknüpfungsoperation: логические операции — правила действий над *высказываниями*: конъюнкция («и»), обозначение $\wedge$ или $\&$; дизъюнкция («или»), обозначение $\vee$; отрицание («не»), обозначение $\neg$; импликация («если ..., то ...»), обозначение $\supset$ или $\Rightarrow$. Выражение вида $A \wedge B$ имеет значение «истина» в том и только том случае, когда A и B оба истинны; $A \vee B$ истинно, когда хотя бы одно из высказываний A или B истинно; $\neg A$ истинно (ложно) при ложном (истинном) A ; $A \Rightarrow B$ означает, что если истинно A , то тогда истинно и B .

логи́ческий / logical // logisch: связанный с *логикой*. «Логический вывод» — вывод, сделанный в соответствии с правилами логики.

ло́жный / false // falsch: ошибочный, неверный.

локализа́ция / localization // Lokalisierung *f*: рассмотрение свойств объекта в окрестности какой-либо точки.

лока́льно интегри́руемый / locally integrable // lokal integrierbar: функция $f(x)$ называется локально интегрируемой на отрезке $[a, b]$, если она *абсолютно интегрируема* на всяком отрезке $[a_1, b_1] \subset [a, b]$. Если функция локально интегрируема на любом отрезке, то говорят, что она локально интегрируема (подразумевается: на всей числовой оси). Например, функция $\ln |x|$ локально интегрируема, а $|x|^{-1}$ — нет. Для функции нескольких переменных локальная интегрируемость в области означает абсолютную интегрируемость по всякому шару, лежащему в этой области.

лока́льный ма́ксимум, местный максимум / local maximum, maximum in the small // lokales Maximum, Maximum im Kleinen: функция $f(x)$ имеет в точке x_0 локальный, или относительный, максимум, если

в некоторой окрестности M этой точки значения функции меньше, чем в самой точке: $f(x) < f(x_0)$, $x \in M$, $x \neq x_0$. На отрезке $[a, b]$ функция может иметь несколько *экстремумов*, т.е. локальных максимумов или минимумов. Понятие локального максимума обобщается на функции нескольких переменных.

лока́льный ми́нимум, местный минимум / local minimum, minimum in the small // lokales Minimum, Minimum im Kleinen: функция $f(x)$ имеет в точке x_0 локальный, или относительный, минимум, если в некоторой окрестности M этой точки значения функции больше, чем в самой точке: $f(x) > f(x_0)$, $x \in M$, $x \neq x_0$. См. также *локальный максимум*.

лока́ция / location, radar, ranging // Ortung f : определение направления на объект и расстояния до него по создаваемому или отражаемому им акустическому или электромагнитному сигналу. При локации в импульсном режиме расстояние до объекта определяется по времени запаздывания отраженного эхо-сигнала.

ло́маная / broken line, polygonal line // Polygonzug m : линия, состоящая из «звеньев» — отрезков прямых, соединённых таким образом, что конец 1-го звена совпадает с началом 2-го звена, конец 2-го звена — с началом 3-го звена, и т.д. (звенья могут пересекаться, но не накладываться друг на друга). Точки соединения звеньев называются узлами ломаной. Ломаная называется: замкнутой, если конец последнего звена совпадает с началом первого звена; простой, если её звенья не пересекаются вне узлов и в каждом узле сходятся ровно два звена. Например, граница квадрата — простая замкнутая ломаная.

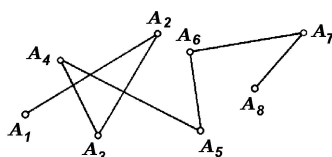


Рис. 96: Ломаная

Ломоно́сов Михаил Васильевич (1711–1765): русский учёный-энциклопедист. Работы в области астрономии, физики, химии, а также в литературе. Экспериментально доказал сохранение массы вещества при химических реакциях. Открыл атмосферу Венеры. Основал Московский университет.

Ло́ренц (Hendrik Antoon Lorentz, 1853–1928): голландский физик-теоретик. Создатель *электронной теории*, внёс значительный вклад в создание *теории относительности*. См. также *сила Лоренца* и *преобразования Лоренца*.

лоренц-инвариантность / Lorentz invariance // Lorentz-Invarianz *f*: сохранение справедливости уравнений, выражающих физические законы, или сохранение значения некоторой величины при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой согласно *преобразованиям Лоренца*. Например, уравнения классической электродинамики (*уравнения Максвелла*) при преобразованиях Лоренца сохраняют свой вид, т.е. являются лоренц-инвариантными. Пространственно-временной *интервал* между двумя любыми событиями и *скорость света* *c* дают примеры лоренц-инвариантных величин.

лошади́ная си́ла (л. с.) / horse power // Pferdestärke *f*: устаревшая внесистемная единица мощности. 1 л. с. = 735,5 Вт.

Луна́ / Moon // Mond *m*: единственный естественный спутник Земли, обращающийся вокруг нее на среднем расстоянии 384 400 км (около 60 земных радиусов), и первое из небесных тел, на которое ступила нога человека (1969 г.). Луна — один из наиболее крупных спутников планет Солнечной системы. Диаметр Луны 3476 км, масса в 81,53 раза меньше земной. Размеры Луны значительны даже по сравнению с самой Землей. Это позволяет рассматривать систему Земля-Луна как двойную планету. Средний период обращения вокруг Земли (точнее, вокруг центра масс системы Земля-Луна), называемый сидерическим или звездным месяцем, составляет 27 дней 7 часов 43 минуты.

Очертания видимой части лунного диска (*фазы Луны*) определяются положением Луны по отношению к Солнцу и Земле: освещена лишь та половина поверхности лунного шара, которая обращена к Солнцу. В моменты полнолуний Луна расположена относительно Земли со стороны, противоположной Солнцу; в моменты новолуний Луна располагается между Землей и Солнцем. В эти моменты она обращена к нам неосвещенным полушарием и излучает слабый пепельный свет за счет солнечных лучей, отраженных от Земли. По истечении промежутка времени в 29,53 средних солнечных суток (синодический месяц) опять наступает новолуние.

Из-за неоднородности поля тяготения Луны на Земле происходят приливы и отливы. Приливное трение вызывает постепенное замедление суточного вращения Земли вокруг оси с одновременным медленным увеличением радиуса ее орбиты, что в конечном счете должно привести к синхронизации обращения Луны вокруг Земли с суточным вращением Земли. Существовавшее в далеком прошлом приливное трение в твердой коре Луны уже привело к синхронизации осевого вращения Луны с ее орбитальным движением, так что Луна все время обращена к нам одной стороной. Благодаря *либрации Луны* с Земли можно наблюдать до 60% лунной поверхности.

Благодаря отсутствию атмосферы поверхность Луны мало подвержена эрозии, и потому на Луне сохранилось множество кратеров, шрамов и других следов, свидетельствующих о величественных древних событиях,

происходивших на ранних стадиях существования Солнечной системы. История Луны хранит еще немало загадок, но несомненно, что именно здесь можно найти ключи к пониманию происхождения Солнечной системы.

лупа / magnifying glass, lens // Lupe f , Vergrößerungsglas n : оптический прибор для рассматривания мелких предметов. Простейшая лупа представляет собой увеличительное стекло, т.е. короткофокусную выпуклую *линзу*. Увеличением лупы называют отношение угла, под которым глаз видит через лупу изображение предмета, к углу, под которым этот предмет был бы виден невооруженным глазом с условного расстояния 25 см, принимаемого за расстояние наилучшего видения. Когда предмет помещен в фокус линзы, её увеличение равно $25/F$, где F — фокусное расстояние линзы, выраженное в сантиметрах.

луч 1 / ray, half-line // Halbgerade f , Strahl m : в геометрии — полупрямая, одна из двух частей, на которые точка делит прямую линию. При этом говорят, что луч выходит из данной точки.

луч 2 / ray, beam // Strahl m : луч света — основное понятие *геометрической оптики*, линия, вдоль которой распространяется энергия излучения (точнее, основная часть энергии). Лучи ортогональны *волновым фронтам*. В оптически однородной среде лучи прямолинейны, в неоднородной среде искривлены.

лучевая оптика: см. *геометрическая оптика*.

лучеиспуска́ние / radiation, emission // Strahlung f : см. *испускание, радиация*.

лучепреломле́ние / refringence, refraction // Refraktion f , Brechung f : рефракция, изменение направления светового луча при пересечении границы раздела двух оптически различных сред, а также искривление луча при распространении света в оптически неоднородной среде.

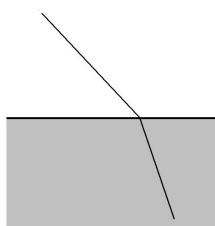


Рис. 97: Лучепреломление

люкс (лк) / lux, lx // Lux n : единица освещённости в *СИ*. 1 лк равен освещенности поверхности площадью 1 м^2 , когда на нее падает поток излучения 1 люмен.

лю́мен (лм) / lumen, lm // Lumen n : единица светового потока в *СИ*.

1 лм равен световому потоку, испускаемому точечным источником силой света в 1 канделу в телесном угле 1стерадиан.

люминесценция / luminescence // Lumineszenz *f*: излучение, представляющее собой избыток над *тепловым излучением* и продолжающееся в течение времени, значительно превышающего период световых колебаний. От рассеяния люминесценция отличается тем, что при ней между возбуждением и испусканием происходят процессы, длительность которых значительно больше периода световой волны. По виду возбуждения различают фотолюминесценцию (возбуждение светом), катодолюминесценцию (возбуждение электронным пучком), электролюминесценцию (возбуждение электрическим полем), триболюминесценцию (возбуждение механическим воздействием, трением), хемилюминесценцию (свечение при химических реакциях).

люминофóр / phosphor, luminophor // Leuchtstoff *m*: твердое или жидкое вещество, способное к *люминесценции* под действием различного рода возбуждений. По типу возбуждения различают фотолуминофоры, рентгенолюминофоры, радиолуминофоры, катодолуминофоры, электролюминофоры. По химической природе различают органические и неорганические люминофоры. Последние называют также фосфóрами, а при наличии кристаллической структуры — кристáллофосфóрами.

лѐмбда-гиперóн / lambda hyperon, lambda particle // Lambda-Hyperon *n*, λ -Hyperon *n*: первый *гиперон* (элементарная частица) с массой порядка 1116 МэВ, открытый в 1947 г. в космических лучах.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

М

магический квадрáт / magic square // magisches Quadrat *n*: квадратная $n \times n$ *матрица* с элементами $\{a_{ij}\}$ — целыми числами от 1 до n^2 , удовлетворяющая следующим условиям: сумма элементов в любой строке равна сумме элементов в любом столбце, равна сумме диагональных элементов, равна сумме элементов второй диагонали (т.е. $a_{n,1} + a_{n-1,2} + \dots + a_{2,n-1} + a_{1,n}$) и равна числу $n(n^2 + 1)/2$, называемому магической суммой. При $n = 2$ магический квадрат невозможен, при $n = 3$ существует только один (с точностью до симметрий) магический квадрат (т.н. китайский квадрат, известный уже примерно с 2000 года до н.э.). При $n = 4$ число м.к. равно 880, при $n = 5$ равно 275 305 224, при произвольных $n > 5$ число их неизвестно (2007г.) Существуют алгоритмы построения магических квадратов заданного размера.

8	1	6
3	5	7
4	9	2

1	15	14	4
12	6	7	9
8	10	11	5
13	3	2	16

Рис. 98: Магические квадраты

магические ядра / magic nuclei // magische Kerne *pl*: ядра, в которых число протонов Z или число нейтронов N равно одному из так называемых магических чисел — 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Ядра, подобные $^{208}_{82}\text{Pb}$ ($Z = 82$, $N = 126$), в которых Z и N — магические числа, называются дважды магическими. Магические ядра выделяются среди других ядер повышенной устойчивостью и большей распространенностью в природе. Существование магических ядер послужило одним из доводов в пользу оболочечной модели ядра, согласно которой нуклоны заполняют систему нейтронных и протонных оболочек с определенным числом мест в каждой, при этом магические числа соответствуют целиком заполненным оболочкам.

магнетизм / magnetism // Magnetismus *m*: 1) явление взаимодействия между электрическими токами, между токами и магнитами (телами, обладающими магнитным моментом) и между магнитами; 2) раздел физики, изучающий такие явления.

В наиболее общем виде к магнетизму можно отнести взаимодействия, возникающие между движущимися заряженными частицами. Передача этого взаимодействия между материальными телами осуществляется *магнитным полем*, одним из проявлений *электромагнитного поля*. Если источниками электрического поля являются электрические *заряды*, то аналогичных магнитных зарядов в природе не наблюдается, хотя гипотезы об их существовании высказывались (см. *магнитный монополю*). Известными источниками магнитного поля служат движущиеся электрические заряды, т.е. электрические токи. В атомных масштабах магнитное поле создают два типа микроскопических токов — орбитальные, связанные с движением электронов в атоме, и спиновые, связанные с внутренними степенями свободы электронов и нуклонов. Количественно магнетизм микрочастиц характеризуется их орбитальным и спиновым *магнитными моментами*. Образованные микрочастицами ядра атомов, электронные оболочки, атомы в целом, молекулы и макроскопические тела, т.е. по существу любые материальные тела, обладают магнитными свойствами.

Существует два основных механизма воздействия внешнего магнитного

поля на вещество. Во-первых, в соответствии с законом *электромагнитной индукции*, изменяющееся внешнее магнитное поле всегда создает в веществе индукционный ток, магнитное поле которого, по *закону Ленца*, направлено так, чтобы воспрепятствовать изменению внешнего поля. Поэтому создаваемый индукционным током магнитный момент направлен противоположно внешнему полю. Явление ослабления внешнего магнитного поля называется *диамагнетизмом*. Во-вторых, если атом обладает отличным от нуля магнитным моментом (орбитальным, спиновым, либо тем и другим), внешнее поле ориентирует его вдоль своего направления. Возникновение в веществе параллельного внешнему полю магнитного момента называется *парамагнетизмом*. См. также *магнетик*.

В некоторых случаях взаимодействие между микрочастицами — носителями магнитного момента — приводит к возникновению самопроизвольной упорядоченности в ориентации магнитных моментов частиц. Соответствующее явление называется *ферромагнетизмом*, когда магнитные моменты ориентированы параллельно друг другу, и *антиферромагнетизмом*, когда соседние магнитные моменты антипараллельны (т.е. они *коллинеарны* и направлены противоположно). Существуют и более сложные структуры упорядочения магнитных моментов, что ведет к большому разнообразию наблюдаемых магнитных свойств.

магнѐтик / magnet // Magnet *m*: термин, применяемый ко всем веществам при рассмотрении их магнитных свойств. Магнетики классифицируют по величине и знаку их *магнитной восприимчивости* κ . При $\kappa < 0$ вещество называют *диамагнетиком*, при $\kappa > 0$ — *парамагнетиком*, при $\kappa \gg 1$ — *ферромагнетиком*. Более глубокая классификация магнетиков основана на магнитной структуре вещества.

магнетон Бора / Bohr magneton // Bohrsches Magneton: единица *магнитного момента*, используемая в атомной физике, физике твердого тела и элементарных частиц:

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2mc} \approx 5,051 \cdot 10^{-21} \text{ эрг/Гс},$$

где e — абсолютная величина заряда электрона, $\hbar$ — постоянная Планка, m — масса электрона, c — скорость света.

ма́гний / magnesium // Magnesium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Mg, номер 12)

магніт / magnet // Magnet *m*: постоянный магнит — изделие определенной формы (в виде подковы, полосы и т.п.) из предварительно намагниченного ферромагнитного или ферримагнитного материала, создающее вокруг себя постоянное *магнитное поле*. Постоянные магниты широко используют в качестве автономных источников магнитного поля в электротехнике, радиотехнике, автоматике. См. также *электромагнит*.

магнитная восприимчивость / magnetic susceptibility // magnetische Suszeptibilität: безразмерная величина, характеризующая связь *намагниченности* вещества (магнитного момента единицы объема) с магнитным полем в этом веществе. В статических полях магнитная восприимчивость κ равна отношению величины намагниченности J к напряженности намагничивающего поля H : $\kappa = J/H$. Магнитная восприимчивость может быть как положительной (парамагнетики и ферромагнетики), так и отрицательной (диамагнетики), см. *магнетизм, магнетик*. Магнитная восприимчивость диамагнетиков и парамагнетиков мала ($10^{-4} - 10^{-6}$), у ферромагнетиков κ может достигать очень больших значений (от десятков до многих тысяч), при этом она очень сильно и сложным образом зависит от H .

магнитная индукция / magnetic induction, magnetic flux density // magnetische Flussdichte, magnetische Induktion: основная характеристика $\vec{B}$ *магнитного поля*, представляющая собой среднее значение суммарной напряженности микроскопических магнитных полей, созданных отдельными электронами и другими элементарными частицами. Магнитную индукцию $\vec{B}$ можно выразить через напряженность магнитного поля $\vec{H}$ и вектор намагниченности $\vec{J}$ (магнитный момент единицы объема):

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\pi\vec{J} \text{ (СГС) или } \vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J}) \text{ (СИ),}$$

где μ_0 — *магнитная постоянная*.

магнитная постоянная, магнитная проницаемость вакуума / magnetic constant // magnetische Feldkonstante, absolute Permeabilität, Permeabilität des Vakuums: коэффициент пропорциональности μ_0 , появляющийся в ряде формул при записи их в международной *системе единиц СИ*. Например, индукция магнитного поля $\vec{B}$ и его напряженность $\vec{H}$ связаны в вакууме соотношением $\vec{B} = \mu_0\vec{H}$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м (это точное значение, вводимое по определению).

магнитная проницаемость / magnetic permeability, permeability // magnetische Permeabilität: физическая величина, характеризующая изменение *магнитной индукции* $\vec{B}$ среды при воздействии магнитного поля $\vec{H}$: $\vec{B} = \mu\vec{H}$ (в системе единиц СГС), $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$ (СИ). Здесь μ — магнитная проницаемость, μ_0 — *магнитная постоянная*. Магнитная проницаемость связана с *магнитной восприимчивостью* соотношением $\mu = 1 + 4\pi\kappa$ (СГС), $\mu = 1 + \kappa$ (СИ). У изотропных тел магнитная проницаемость — скаляр, у анизотропных (кристаллов) — тензор, так как направление вектора $\vec{B}$ может отклоняться от $\vec{H}$.

магнитное поле / magnetic field // Magnetfeld n , magnetisches Feld: специфическое состояние материи, возникающее в пространстве в присутствии постоянных магнитов или движущихся электрических зарядов, т.е. электрических

токов (см. *магнетизм*). Магнитное поле возникает также при изменении во времени электрического поля. Количественно магнитное поле характеризуется вектором *магнитной индукции* $\vec{B}$. Значение магнитной индукции определяет силу, действующую в данной точке поля на движущийся электрический заряд (см. *сила Лоренца*) или элемент проводника с током (см. *сила Ампера*). Магнитная индукция определяет также момент силы, действующий на тела, имеющие магнитный момент. В частности, магнитное поле оказывает ориентирующее действие на помещенную в него магнитную стрелку или на полосовой постоянный магнит.

магнитные силовые линии, линии магнитной индукции / magnetic lines of force // magnetische Feldstärkelinien, magnetische Kraftlinien: графический способ изображения магнитных полей с помощью непрерывных линий, в каждой точке которых вектор магнитной индукции $\vec{B}$ направлен вдоль касательной. В тех местах, где магнитное поле сильнее, магнитные силовые линии сгущаются; в тех местах, где поле слабее, линии расходятся. Железные опилки на бумажном листе, положенном на постоянный магнит, располагаются вдоль магнитных силовых линий (рис. 2).

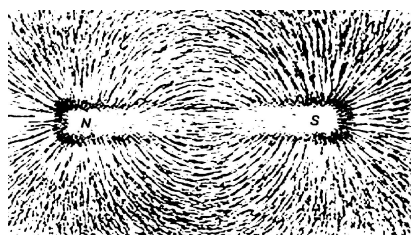


Рис. 99: Распределение железных опилок вдоль магнитных силовых линий

магнитный момент / magnetic moment // magnetisches Moment: основная величина, характеризующая магнитные свойства. Магнитный момент, согласно классической электромагнитной теории, создается замкнутыми макро- и микро-электрическими (внутриатомными) токами. Магнитными моментами обладают элементарные частицы, атомные ядра, электронные оболочки атомов и молекул. Магнитные моменты отдельных элементарных частиц (электронов, протонов, нейтронов и др.) связаны с существованием у них собственного механического *момента импульса* — спина. Магнитные моменты атомных ядер на три порядка меньше магнитных моментов электронов в атомах, поэтому магнитные моменты атомов и молекул определяются в основном спиновыми и орбитальными моментами электронов. Величина спинового магнитного момента электрона равна *магнетону Бора*.

Во внешнем магнитном поле момент электрона может ориентироваться

либо по полю, либо против, так что проекция магнитного момента электрона может принимать только два значения, отличающиеся знаком. Проекция полного магнитного момента электронной оболочки атома (складываемого из орбитального и спинового моментов) во внешнем магнитном поле, согласно квантовой механике, может принимать лишь дискретный ряд значений, отличающихся на магнетон Бора (пространственное квантование). Суммарный магнитный момент всех частиц в единице объема вещества $\vec{J}$ называется *намагниченностью*.

магнѣтный монопо́ль / magnetic monopole // magnetischer Monopol: гипотетический магнитный заряд, который, подобно источнику электрического поля — *электрическому заряду*, мог бы быть источником магнитного поля. Законы классической электродинамики (*уравнения Максвелла*) в принципе допускают возможность существования магнитных монополей, и соответствующая гипотеза была высказана английским физиком П. *Дираком* в 1931 г., однако все предпринимавшиеся до сих пор попытки их экспериментального обнаружения не дали положительных результатов.

магнѣтный по́люс / magnetic pole // magnetischer Pol: участок поверхности намагниченного образца (магнита), на котором нормальная составляющая намагниченности отлична от нуля. Если магнитное поле в образце и окружающем пространстве изобразить при помощи *магнитных силовых линий*, то магнитные полюса будут соответствовать месту пересечения образца этими линиями. Участок поверхности, из которого магнитные линии выходят наружу, принято называть северным, или положительным магнитным полюсом, а участок, в который эти линии входят — южным, или отрицательным. Одноименные магнитные полюса отталкиваются, разноименные притягиваются. Отсутствие в природе магнитных зарядов (см. *магнитный монопо́ль*) означает, что линии магнитной индукции не могут прерываться в образце, и у намагниченного тела наряду с магнитным полюсом одной полярности всегда должен существовать эквивалентный полюс противоположной полярности.

магнѣтный пото́к (поток магнитной индукции) / magnetic flux // magnetischer Fluss: поток Φ вектора магнитной индукции $\vec{B}$ через какую-либо поверхность S определяется как сумма потоков $d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S}$ через элементарные участки этой поверхности, т.е. Φ равен *интегралу по поверхности*, $\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$. В этой формуле $\vec{B} \cdot d\vec{S} = B_n dS$, $B_n = \vec{B} \cdot \vec{n}$, где $\vec{n}$ — единичный вектор внешней нормали к поверхности S (точкой обозначено *скалярное произведение*). Для любой замкнутой поверхности этот интеграл равен нулю, что отражает замкнутый характер линий магнитной индукции (отсутствие в природе магнитных зарядов, см. *магнитный монопо́ль*).

магнѣтный резона́нс / magnetic resonance // magnetische Resonanz:

избирательное поглощение веществом электромагнитных волн определенной частоты ω , обусловленное изменением ориентации магнитных моментов частиц вещества (электронов, атомных ядер). При помещении вещества во внешнее магнитное поле, индукция которого равна $\vec{B}$, энергетические уровни частицы, обладающей *магнитным моментом* $\vec{\mu}$, расщепляются на магнитные подуровни, каждому из которых соответствует определенная проекция магнитного момента на направление $\vec{B}$ (см. *эффект Зеемана*). Электромагнитное поле вызывает *квантовые переходы* между магнитными подуровнями, если частота поля ω удовлетворяет условию резонанса $\Delta E = \hbar\omega$, где ΔE — разность энергий между магнитными подуровнями. Если поглощение энергии обусловлено атомными ядрами, явление называется *ядерным магнитным резонансом* (ЯМР), если электронами с неравным нулю полным моментом в парамагнетиках — *электронным парамагнитным резонансом* (ЭПР) или электронным спиновым резонансом.

В обычно применяемых в лабораторной практике магнитных полях с индукцией $10^3 - 10^4$ Гс ядерный магнитный резонанс наблюдается при частотах $10^6 - 10^7$ Гц (диапазон коротких радиоволн), а ЭПР — при частотах $10^9 - 10^{10}$ Гц (диапазон СВЧ). Спектры магнитного резонанса чувствительны к различным внутренним полям в веществе, поэтому магнитный резонанс применяется для исследования структуры и динамики твёрдых тел и жидкостей, химических реакций и т.п. На основе явления ЯМР работают магнито-резонансные томографы, широко применяемые в медицине для диагностики заболеваний внутренних органов.

магнитогидродина́мика (МГД) / magnetohydrodynamics (MHD) // Magnetohydrodynamik *f*: раздел физики, развившийся на стыке гидродинамики и классической электродинамики и изучающий движение электропроводящих жидкостей и газов в присутствии магнитного поля. Характерные для магнитогидродинамики объекты — плазма, жидкие металлы и электролиты.

магнитооптика, магнетооптика / magnetooptics // Magnetooptik *f*: раздел физики, изучающий изменения магнитных свойств вещества под действием магнитного поля.

магнитосфе́ра / magnetosphere // Magnetosphäre *f*: область околоземного пространства, форма, размеры и физические свойства которой определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с солнечным ветром, т.е. с потоками заряженных частиц от Солнца. Магнитосфера сильно вытянута в направлении от Солнца. Во внутренних областях магнитосферы расположены радиационные пояса Земли, в которых магнитное поле Земли удерживает, как в ловушке, потоки быстрых частиц с энергией в сотни кэВ (килоэлектрон-вольт).

магно́н / magnon // Magnon *n*: квазичастица, соответствующая спиновой

волне в магнитоупорядоченных средах, см. также *магнетизм*.

мажорáнта / majorant // Majorante f : в математике (в теории *функциональных рядов*) — мажорантой функционального ряда $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ называется числовой ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ такой, что $|f_n(x)| \leq b_n$. См. *признак Вейерштрасса*.

мажорíровать / majorize // majorisieren: в математике — оценить сверху, т.е. для функции $f(x)$ найти такую неотрицательную функцию $g(x)$, что $|f(x)| \leq g(x)$ для всех x из области определения функции $f(x)$. Мажорировать *функциональный ряд* означает найти его *мажоранту*.

мáзер / maser // Maser m : общий термин для обозначения квантовых генераторов и усилителей радиодиапазона, работа которых основана на явлении *вынужденного излучения*. Слово maser представляет собой аббревиатуру английского выражения Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation — усиление микроволн (СВЧ) при помощи стимулированного испускания излучения. См. также *лазер*.

макрóскопíческое тéло / macroscopic body // makroskopischer Körper: физическая система, состоящая из макроскопически большого числа атомов или молекул — порядка числа молекул в одном *моле*, т.е. порядка *постоянной Авогадро* (числа Авогадро) $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

Мáксвелл (James Clerk Maxwell, 1831–1879): выдающийся английский физик, один из создателей классической теории *электромагнетизма*. Развил идеи *Фарадея* и облёк их в математическую форму (*уравнения Максвелла*). Максвелл предсказал существование *электромагнитных волн*, скорость которых конечна и зависит от свойств среды. Совпадение теоретически рассчитанной скорости электромагнитных волн с измеренной на опыте скоростью света позволило Максвеллу разрешить центральную для оптики проблему природы света — установить, что свет представляет собой электромагнитные волны. Максвелл применил статистический подход в молекулярной физике («распределение Максвелла» для скоростей молекул), создал теорию колец *Сатурна*.

максимáльный / maximal, maximum // maximal: наибольший.

максимизíрующая послéдовательность / maximizing sequence // Maximalfolge f : пусть *функционал* $J[y]$ в классе функций D ограничен сверху: $J[y] \leq M = \sup_{y \in D} J[y]$ и пусть последовательность функций $y_1(x), y_2(x), \dots$ из этого класса такова, что $J[y_n(x)] \rightarrow M$ при $n \rightarrow \infty$, тогда $\{y_n(x)\}$ называют последовательностью, максимизирующей данный функционал. См. также *минимизирующая последовательность*.

мáксимум / maximum; peak // Maximum n : наибольшее значение. Говорят, что функция $f(x)$ имеет локальный максимум в точке x_0 , если $f(x_0)$ — наибольшее значение функции по сравнению с её значениями во всех других точках из некоторой окрестности точки x_0 . Абсолютный

максимум функции — наибольшее значение во всей области определения функции. См. также *минимум*.

маломощный / low-power // Kleinkraft=: имеющий малую *мощность* (1), например, солнечная батарея карманного калькулятора.

манометр / manometer, pressure gauge // Manometer *n*, Druckmesser *m*: прибор для измерения *давления* газов и жидкостей.

мантисса / mantissa // Mantisse *f*: дробная часть десятичного *логарифма*; целая часть называется характеристикой. Пример: $\lg 300 \approx 2,4771$, здесь 0,4771 есть мантисса для $\lg 300$ (с точностью до 4-й десятичной цифры).

марганец / manganese // Mangan *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Mn, номер 25).

Мáрков Андрей Андреевич (1856–1922): российский математик. Внёс фундаментальный вклад в развитие *теории вероятностей*, см. *марковский процесс* и *цепь Маркова*.

марковский процесс, процесс без последствия / Markov process // Markovscher Prozess: в *теории вероятностей* — *случайный процесс* $X(t)$, развитие которого после любого заданного момента времени t не зависит от развития процесса до момента t , при условии, что состояние процесса в момент t фиксировано (короче: «будущее» процесса не зависит от «прошлого», а определяется только состоянием системы в «настоящем»). Пусть t пробегает некоторое множество *действительных чисел* T , и пусть N_t — совокупность событий, порождённых величинами $X(s)$ при $s \leq t$ (предыдущее развитие), а N^t — при $s > t$ (будущее развитие). Марковское свойство процесса состоит в том, что при любых $t \in T$ и любых событиях $A \in N_t$, $B \in N^t$ выполняется (с вероятностью 1) равенство

$$P(AB|X(t)) = P(A|X(t)) \cdot P(B|X(t)), \quad (*)$$

где через $P(S|Q)$ обозначена *условная вероятность* события S при условии, что произошло событие Q . Равенство (*) означает, что события A и B условно независимы.

В случае дискретного времени (при этом значения t — натуральные числа) марковский процесс называется *цепью Маркова*. Процесс *диффузии* — типичный пример марковского процесса с непрерывным временем.

Марс / Mars // Mars *m*: четвертая по порядку от Солнца планета Солнечной системы. Среднее расстояние от Солнца составляет 1,524 а.е. (астрономических единиц) или 227,8 млн км. Вследствие значительного эксцентриситета орбиты Марса ($e = 0,093$) расстояние от Солнца меняется от 206 до 249 млн км. Время одного оборота Марса вокруг Солнца (сидерический, или звездный период обращения) составляет 686,98 средних солнечных суток. Экваториальный диаметр Марса 6780 км, или 0,532 диаметра Земли, масса составляет 0,107 массы Земли. Средняя плотность Марса

меньше, чем у Земли и Венеры, и близка к средней плотности Меркурия и Луны. Марс имеет два малых спутника неправильной формы (Фобос и Деймос). Эти спутники замечательны своей близостью к Марсу, благодаря чему они имеют весьма малые периоды обращения.

мáсса / mass // Masse *f*: одна из основных характеристик материи, определяющая её инертные и гравитационные свойства. В формуле, выражающей 2-й закон Ньютона, масса m выступает как мера инертности тела, а именно, как коэффициент пропорциональности между силой $\vec{F}$, действующей на тело, и вызванным этой силой ускорением $\vec{a}$ тела: $\vec{F} = m\vec{a}$ — чем больше масса тела, тем меньшее ускорение оно приобретает под действием данной силы.

В теории тяготения Ньютона масса выступает как гравитационный заряд, т.е. как источник создаваемого телом гравитационного поля и как мера способности тела испытывать воздействие поля тяготения, создаваемого другими телами. Гравитационное взаимодействие двух материальных точек, массы которых равны m_1 и m_2 , описывается законом всемирного тяготения: $F = Gm_1m_2/r^2$ — сила тяготения прямо пропорциональна произведению гравитационных масс точечных тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними; коэффициент пропорциональности $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$ называется гравитационной постоянной.

Опыт показывает, что инертная и гравитационная масса с высокой точностью (до 10^{-12}) пропорциональны друг другу (при должном выборе единиц численно равны). В релятивистской теории тяготения (общей теории относительности) равенство инертной и гравитационной масс всех тел возведено в ранг фундаментального закона природы (см. принцип эквивалентности).

мáсса поко́я / rest-mass, mass at rest // Ruhemasse *f*: в физике — мера инертности тела (см. масса) при медленных движениях, т.е. при скоростях много меньших скорости света. См. также релятивистская механика.

мáссив / array, block // Array *f*: в программировании — группа переменных одного типа, называемых элементами массива, объединённых в одну структурную единицу («сложную переменную»). В языке Бейсик массив обозначается именем (буквой или несколькими буквами и цифрами), а элементы массива — тем же именем с индексами. Например, вектору $\vec{A}$ с координатами a_1, a_2, a_3 можно сопоставить «одномерный массив» A с элементами $A(1), A(2), A(3)$; матрице A с элементами $a_{ik}, i = 1, 2, 3, k = 1, 2, 3$ — «двумерный массив» A с элементами $A(1, 1), A(1, 2), A(1, 3), \dots, A(3, 2), A(3, 3)$.

мáссовое числó / mass number // Massenzahl *f*: суммарное число нуклонов (нейтронов и протонов) в атомном ядре.

мáсс-спектрóметр / mass spectrometer // Massenspektrometer *n*: прибор для разделения ионизированных атомов и молекул по их массам, основанный на воздействии магнитных и электрических полей на пучки ускоренных электрическим полем ионов, летящих в вакууме. В масс-спектрометрах регистрация ионов осуществляется электрическими методами, в масс-спектрографах — фотографическими эмульсиями. С помощью масс-спектрографов выполняют наиболее точные измерения масс атомов и молекул путем сравнения их масс с массой изотопа углерода-12, используемого в качестве эталона массы в атомной физике.

мастерствó / skill, mastery // Meisterschaft *f*: высокое профессиональное умение.

масшта́б / scale // Maßstab *m*: в картографии — отношение длины какого-либо отрезка на карте или плане к соответствующей длине в натуре. Обычно выражается в виде отношения 1 к *n*, где *n* — целое число, например, 1:10 000.

масшта́бный мно́житель / scale factor // Maßstabsfaktor *m*: переходный множитель, возникающий в формулах при пересчёте к более крупным или более мелким единицам измерений.

матемáтик / mathematician // Mathematiker *m*: человек, чья профессия — *математика*.

матемáтика / mathematics // Mathematik *f*: наука о количественных отношениях и пространственных формах действительного мира. Элементарная математика, основы которой сформировались в Древней Греции в 6 – 5 вв. до н.э., в течение двух тысячелетий удовлетворяла потребностям в решении задач физики и техники своего времени. Начиная с 17-го века новые запросы техники и естествознания привели математиков к созданию дифференциального и интегрального исчисления, позволивших математически изучать процессы движения, изменения величин, преобразования фигур и т.д. Начиная с 19-го века начался период развития современной математики. Современная математика включает в себя, кроме математического анализа, алгебры и геометрии, такие разделы, как алгебраическая топология, дифференциальная, алгебраическая и риманова геометрии, теория вероятностей, математическая статистика, вычислительная математика, теория игр, информатика, кибернетика, математическая логика. Появление и развитие этих и других разделов вызвано к жизни как запросами физики и других естественных наук, так и внутренними потребностями самой математики.

математическая лóгика / mathematical logic // mathematische Logik: раздел математики, посвящённый изучению математических доказательств и вопросов оснований математики. Имеет большое теоретическое, а также прикладное значение — в *кибернетике*, *информатике*, структурной лингвистике. В математической логике исследуются, в частности, логические исчисления,

из которых важнейшим является исчисление *предикатов*. Одно из важнейших достижений математической логики — разработка понятия общерекурсивной функции, уточняющего понятие *алгоритма*.

математическая статистика / mathematical statistics // mathematische Statistik: раздел математики, посвящённый математическим методам систематизации, обработки и использования статистических данных для научных и практических выводов. Статистические данные — сведения о числе объектов внутри какой-либо более или менее обширной совокупности, обладающих некоторым признаком (признаками). Математическая статистика тесно связана с *теорией вероятностей*; методы математической статистики широко применяются в физике, астрономии, экономике (в частности, в страховом деле).

Предмет математической статистики — описание свойств обширных совокупностей данных на основании изучения выбранных из этих совокупностей относительно небольших подмножеств, называемых выборками. Пусть G — множество всех изучаемых объектов, или генеральная совокупность, V — случайная выборка объёма n , т.е. выбранное подмножество множества G , состоящее из n объектов, причём выбор каждого объекта производится случайным образом и независимо от выбора других объектов. Часто интерес представляет какой-нибудь признак объектов, допускающий количественное описание. Например, станок-автомат производит, при одних и тех же условиях, гвозди определённого размера; фактически все гвозди получают приблизительно одинаковой длины, с малым случайным отклонением от заданного размера. В данном случае изучаемым признаком может быть фактическая длина гвоздя. Для оценки работы станка можно выбрать наудачу, скажем, 200 гвоздей и измерить их длины; по этой выборке объёма 200 можно приближённо судить о точности изготовления больших партий гвоздей.

При небольшом объёме генеральной совокупности или выборки полезно строить *гистограммы*, дающие предварительное представление о распределении изучаемого признака на множестве объектов. Для более полного описания применяют основанные на теории вероятностей методы построения *статистических оценок* параметров распределения, *доверительных оценок*, проверки гипотез и др.

математическая физика / mathematical physics // mathematische Physik: область математики, в которой изучаются математические модели физических явлений. Классические задачи математической физики связаны с *дифференциальными уравнениями с частными производными* и с *интегральными уравнениями*.

математический анализ, анализ / mathematical analysis, analysis // Analysis f : в узком смысле — *дифференциальное исчисление* и *интегральное*

исчисление (calculus // Infinitesimalrechnung *f*). В широком смысле — часть математики, в которой *функции* и их обобщения изучаются методом *пределов*. Сюда входят такие разделы, как дифференциальное и интегральное исчисления, теории функций действительного переменного и *функций комплексного переменного*, теория приближений, теория дифференциальных уравнений, теория интегральных уравнений, дифференциальная геометрия, вариационное исчисление, функциональный анализ. Методы математического анализа широко применяются и в других разделах математики, а также в физике, технике, экономике, биологии и т.д.

математический маятник: см. *маятник*.

математическое ожидание, среднее значение / expected value, mean value, (mathematical) expectation // Erwartungswert *m*, (mathematische) Erwartung, Mittelwert *m*: в теории вероятностей — математическим ожиданием, или средним значением, *случайной величины X*, называется: а) для дискретной случайной величины *X*, принимающей значения $x_1, x_2, \dots$ с вероятностями $p_1, p_2, \dots$, число $M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots$; б) для непрерывной случайной величины *X*, распределённой с *плотностью вероятности* $\rho(x)$, $M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \rho(x) dx$. В общем случае математическое ожидание задаётся *интегралом Стильтеса*: $M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF(x)$, где $F(x)$ — *функция распределения* случайной величины *X*. Математическое ожидание случайной величины *X* обозначают также **EX**. У некоторых случайных величин математическое ожидание не существует (ряд или интеграл расходится).

математическое программирование, оптимизация / mathematical programming, optimization // Optimierung *f*, mathematische Programmierung: раздел математики, посвящённый теории и методам решения задач о нахождении *экстремумов* функций нескольких переменных на множествах точек, определяемых заданной системой уравнений и неравенств. Пусть функция $\phi(x)$ задана на множестве *D* точек $x = (x_1, \dots, x_n)$ векторного пространства *X*, таких что $q_i(x) \geq 0$, $h_j(x) = 0$, где $q_i(x)$ и $h_j(x)$ — заданные функции, $i = 1, \dots, k$, $j = 1, \dots, m$; требуется найти точку $x^* \in D$, в которой функция ϕ принимает наименьшее значение. Функция ϕ называется целевой функцией, *D* — допустимым множеством, или множеством планов, решение x^* задачи — оптимальной точкой, или оптимальным планом. Задачи математического программирования находят применение в различных отраслях человеческой деятельности, например, при решении проблем управления и планирования производственных процессов, в задачах проектирования и перспективного планирования; важнейшую роль при решении таких задач играет применение компьютеров.

материальная точка / material point, mass point // Massenpunkt *m*: термин, употребляемый в механике для обозначения тела, размеры и форма которого несущественны при описании изучаемого движения.

матэ́рия / substance, matter // *Materie* *f*: объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания, отражаемая и познаваемая им. Материя существует в формах вещества и поля.

матобеспéчение, софтвер / software // *Software* *f*: совокупность компьютерных программ, обеспечивающая работу компьютера.

ма́трица / matrix // *Matrix* *f*: в математике — прямоугольная таблица, состоящая из элементов, т.е. чисел или переменных, расположенных в виде строк и столбцов, например:

$$\begin{pmatrix} 2 & a & 0 & -3,1 & \pi^2 & \cos \beta \\ 0 & 3i & 0,99 & 0 & \sqrt{2} & 1 \\ 7 & 6 & 1/3 & 10^{-6} & 0 & 2+i \end{pmatrix}$$

Матрицы широко применяются в различных областях математики, физики, техники и экономики. Обозначают матрицы обычно заглавными буквами, например A , а элементы — соответствующими малыми буквами: $(A)_{ik} = a_{ik}$. Здесь i — первый индекс (номер строки), k — второй индекс (номер столбца). Матрицу, состоящую из m строк и n столбцов, кратко называют $(m \times n)$ -матрицей, или матрицей размера $m \times n$. Две матрицы A и B считаются равными, если их размеры совпадают и их соответствующие элементы равны: $a_{ik} = b_{ik}$ при всех $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$. Если $a_{ik} = b_{ki}$ для всех $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$, то матрица B размера $n \times m$ называется транспонированной матрицей по отношению к матрице A , и обозначается $B = A^T$. Те элементы матрицы, у которых 1-й и 2-й индексы равны, т.е. элементы вида a_{ii} , называются диагональными элементами. Диагональные элементы составляют главную диагональ матрицы.

В множестве матриц вводятся сложение, умножение на число и умножение матриц. Для $(m \times n)$ -матриц сложение и умножение на число определяются поэлементно: $C = A + B$ означает, что $c_{ik} = a_{ik} + b_{ik}$; $B = \gamma A$ означает, что $b_{ik} = \gamma a_{ik}$, где $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$. Для $(m \times p)$ -матрицы A и $(p \times n)$ -матрицы B произведение определяется по правилу «строка на столбец»: $C = AB$ означает, что $c_{ik} = \sum_{j=1}^p a_{ij}b_{jk}$, где $i = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, n$. Умножение матриц *ассоциативно* и, вообще говоря, не *коммутативно*.

Матрица, число строк которой равно числу столбцов ($m = n$), называется квадратной матрицей порядка n . Квадратная матрица, равная своей транспонированной матрице ($A^T = A$), называется симметричной матрицей. Квадратная матрица, у которой все недиагональные элементы равны нулю, т.е. $a_{ik} = 0$ при $i \neq k$, называется диагональной матрицей. Сумма и произведение двух диагональных матриц одного и того же порядка являются диагональными матрицами. Диагональная матрица, все диагональные элементы которой равны 1, называется единичной матрицей (обозначается I или E). Если $AB = I$, где A и B — квадратные матрицы, то говорят, что матрица A

— обратная для B , а B — обратная для A , и пишут: $B = A^{-1}$, $A = B^{-1}$.

мáтрица Гёссе / Hessian matrix // Hessesche Matrix: для функции нескольких переменных $f(x_1, \dots, x_n)$ — квадратная матрица H , элементы которой равны частным производным 2-го порядка по переменным $x_1, \dots, x_n$: $(H)_{ij} = \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j}$.

мáтрица оперáтора / matrix of the operator // Matrix des Operators: пусть A — линейный оператор в конечномерном векторном пространстве, $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$ — базис пространства. Каждый вектор вида $A\vec{e}_k$ может быть разложен по базису: $A\vec{e}_k = \sum_{i=1}^n a_{ik}\vec{e}_i$; коэффициенты a_{ik} образуют квадратную матрицу $\mathcal{A}$, называемую матрицей оператора A . В частности, в пространстве векторов-столбцов оператору A умножения на матрицу $\mathcal{A}$ соответствует сама матрица $\mathcal{A}$ при выборе «естественного» базиса $(1, 0, \dots, 0)^T, (0, 1, 0, \dots, 0)^T, \dots, (0, \dots, 0, 1)^T$. Понятие матрицы оператора вводится и в бесконечномерных пространствах.

мáтрица рассéяния / scattering matrix, S-matrix // Streumatrix f , S-Matrix f : в квантовой механике — матрица, описывающая процесс перехода сталкивающихся частиц из одних состояний в другие при их взаимодействии (рассеянии).

мáтрица-столбéц / column matrix // Spaltenmatrix f : матрица, состоящая из одного столбца:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} \\ \dots \\ a_{1n} \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad A = \begin{pmatrix} a_1 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix}.$$

Используется в теории векторных пространств для записи координат вектора. Для экономии места матрицу-столбец записывают также в виде $A = (a_1, \dots, a_n)^T$.

мáтрица-строкá / row matrix // Zeilenmatrix f : матрица, состоящая из одной строки: $A = (a_{11}, \dots, a_{1n})$ или $A = (a_1, \dots, a_n)$. Используется в теории векторных пространств для записи координат вектора.

мáтрицáнт / matriciant, matrizant, evolution matrix, Cauchy matrix // Matrizant m : рассмотрим систему обыкновенных линейных дифференциальных уравнений $\vec{x}'(t) = A(t)\vec{x}(t)$ (*), где $\vec{x}$ — вектор-столбец, состоящий из n элементов, A — квадратная матрица $n \times n$. Пусть E — единичная матрица $n \times n$, состоящая из столбцов $\vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n$ (все элементы столбца $\vec{e}_k$ равны нулю кроме элемента k -й строки, который равен 1). Для системы (*) поставим задачу Коши: найти вектор-решение $\vec{x}_k(t)$ системы, удовлетворяющее начальному условию $\vec{x}_k(t_0) = \vec{e}_k$. Матрица $X(t)$, составленная из векторов-столбцов $\vec{x}_1(t), \dots, \vec{x}_n(t)$, называется матрицантом, или эволюционной матрицей, системы (*). Решение задачи Коши с начальным условием $\vec{x}(t_0) = \vec{c}$ выражается через матрицант по формуле $\vec{x}(t) = X(t)\vec{c}$.

маш́ина / machine, engine, mechanism // Maschine *f*: общее название искусственных (механических) устройств, способных действовать определённое время без вмешательства человека.

ма́ятник / pendulum // Pendel *m*: твёрдое тело, способное совершать колебания около неподвижной точки или вокруг некоторой оси, один из видов *осцилляторов*. Физический маятник — тело в поле силы тяжести, подвешенное на горизонтальной оси, не проходящей через центр инерции тела. Математический маятник — простой частный случай физического маятника: *материальная точка*, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити или шарнирно закрепленная на невесомом жестком стержне. *Дифференциальное уравнение*, описывающее колебания физического или математического маятника в отсутствие трения: $\ddot{\phi}(t) + \omega^2 \sin \phi(t) = 0$, где t — время, $\phi(t)$ — угол (в *радианах*) отклонения маятника от вертикального положения. Для математического маятника длиной l параметр $\omega^2 = g/l$, где g — ускорение свободного падения.

Для малых колебаний, когда $\sin \phi \approx \phi$, уравнение упрощается: $\ddot{\phi}(t) + \omega^2 \phi(t) = 0$, и его решение имеет вид $\phi(t) = A \cos(\omega t + b)$, так что ω в дифференциальном уравнении маятника имеет смысл угловой частоты колебаний бесконечно малой амплитуды (см. также *гармоническое колебание*).

Пружинный маятник представляет собой тело, закрепленное на пружине и совершающее колебания вдоль оси пружины. Крутильный маятник — уравновешенное коромысло, центр которого прикреплен к вертикальной упругой нити, или подвешенный на нити круглый диск, совершающий вращательные колебания вокруг оси этой нити. *Конический маятник* — подвешенное на нерастяжимой нити тело, движущееся по окружности вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса; нить при этом описывает коническую поверхность.

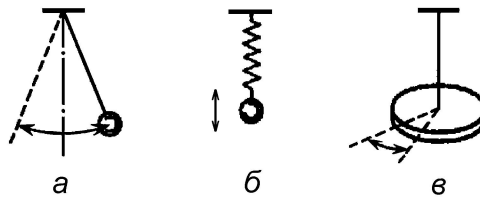


Рис. 100: Маятники: а - простой математический, б - пружинный, в - крутильный

мгновённый / instantaneous, momentary // Augenblicks=, Momentan=: действующий *мгновенно*. «Мгновенная скорость» (instantaneous velocity // Momentangeschwindigkeit *f*) — условный физический термин,

понимаемый как средняя скорость за физически бесконечно малый промежуток времени.

Мёбиусов лист: см. *лист Мёбиуса*.

ме́га= / mega= // Mega=: приставка, означающая миллион, например, мегаватт, мегатонна. См. также *мегабайт*.

мегаба́йт [сокр: MB] / megabyte, MB // Megabyte, MB *n*: 1024 *килобайта*, или 1 048 576 *байтов*.

меди́ана 1) median // Seitenhalbierende *f*: в геометрии — отрезок прямой, соединяющий в *треугольнике* вершину с серединой противоположной стороны; 2) median // Median *m*, Mediane *f*: в теории вероятностей — одна из числовых характеристик *распределения вероятностей* случайной величины, частный случай *квантили* ($p = 1/2$).

медь / copper // Kupfer *n*: металл, *элемент периодической системы химических элементов* (Cu, номер 29).

межа́томный / interatomic // interatomar: относящийся к промежутку между атомами («межатомное расстояние», «межатомное взаимодействие»).

междунаро́дная систе́ма едини́ц / International System of Units, SI system // internationales Einheitensystem, SI-System *n*: см. *система СИ*.

мезо́н / meson // Meson *n*: нестабильная *элементарная частица*, принадлежащая к классу *адронов*. В отличие от *барионов*, мезоны обладают нулевым или целочисленным спином, т.е. являются *бозонами*. Существуют нейтральные и заряженные мезоны. Согласно кварковой модели адронов, мезоны состоят из *кварка* и антикварка.

ме́лкий 1 / fine-grained // fein, feinkörnig: состоящий из частиц малого размера (например, песок).

ме́лкий 2 / shallow // seicht, untief: не глубокий (например, бассейн).

мембра́на / membrane, diafragn, diaphragm, film // Membran *f*: 1) В акустике — упругая тонкая пластинка или плёнка, натянутая на (плоский) каркас и способная совершать колебания в поперечном направлении. Собственные колебания мембран представляются системами стоячих волн с определенной картиной узловых линий, которые разделяют части мембраны, колеблющиеся в противоположных фазах. 2) Тонкая перегородка между двумя средами, в частности, полупроницаемая, т.е. проницаемая для молекул одного сорта и непроницаемая для других.

мени́ск / meniscus // Meniskus *m*: искривленная свободная поверхность жидкости вблизи границы ее соприкосновения с твердым телом (например, у стенок сосуда). В капиллярных трубках (*капиллярах*) мениск имеет вогнутую сферическую форму, если имеет место *смачивание*, и выпуклую при отсутствии смачивания. Давление насыщенных паров жидкости над вогнутой поверхностью ниже, а над выпуклой — выше, чем над плоской

поверхностью.

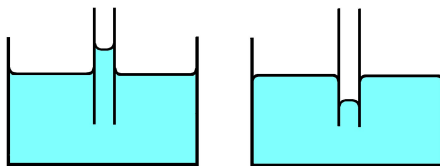


Рис. 101: Мениск

менять(ся) местáми / change places, transpose, interchange, swap // Plätze wechseln, Plätze tauschen: «если мы поменяем местами любые два элемента чётной *перестановки*, то получится нечётная перестановка» / if we transpose any two elements of an even permutation, we obtain an odd permutation // tauschen wir die Plätze von zwei beliebigen Elementen einer geraden Permutation, so bekommen wir eine ungerade Permutation.

мéра 1 / measure // Maß n : в математике: неотрицательное число, сопоставляемое точечному множеству для оценивания его «величины». Наиболее часто используются *мера Жордана* и *мера Лебега*.

мéра 2 / unit of measurement // Maßeinheit f : единица измерения, например, «мера длины».

мéра 3 / measure // Maßnahme f : мероприятие, проводимое для достижения некоторой цели, например, «меры предосторожности» / precautionary measures // Vorsichtsmaßnahmen *pl.*

мéра Жордáна, жорданова мера / content, Jordan content, Jordan measure // Inhalt m , Peano-Jordanscher Inhalt: мера Жордана mD ограниченного множества D точек на плоскости определяется следующим образом: а) для всякого прямоугольника $\Delta = [a, b] \times [c, d]$ его мера равна площади: $m\Delta = (b - a)(d - c)$; б) внешняя мера $m_e D$ множества D вводится как *нижняя грань* суммы площадей попарно не пересекающихся прямоугольников Δ_j , объединение которых покрывает множество D : $m_e D = \inf \sum_{j=1}^k m\Delta_j$, $D \subset \bigcup_{j=1}^k \Delta_j$, $k = 1, 2, \dots$; в) внутренняя мера $m_i D$ вводится как *верхняя грань* суммы площадей попарно не пересекающихся прямоугольников, объединение которых можно поместить внутри D : $m_i D = \sup \sum_{j=1}^k m\Delta_j$, $\bigcup_{j=1}^k \Delta_j \subset D$, $k = 1, 2, \dots$; г) если внешняя мера множества совпадает с его внутренней мерой, то говорят, что множество измеримо по Жордану, и $mD = m_e D = m_i D$. Аналогично вводится мера Жордана для множеств на прямой и в евклидовом пространстве $\mathbf{R}^n$ при $n \geq 3$. Для того, чтобы ограниченное

множество в $\mathbf{R}^n$ было измеримо по Жордану, необходимо и достаточно, чтобы его граница имела жорданову меру нуль (или, что равносильно, *лебегову меру* нуль).

ме́ра Лебе́га, лебегова мера / Lebesgue measure // Lebesguesches Maß: мера Лебега $m(S)$ произвольного ограниченного множества S точек на прямой вводится аналогично мере Жордана, но с одним отличием: внешняя мера Лебега определяется как *нижняя грань* суммы длин конечного или *счётного* множества интервалов $\Delta_j = [a_j, b_j]$, объединение которых покрывает множество S : $\bigcup_{j=1}^{\infty} \Delta_j \supset S$. Если внешняя мера множества совпадает с его внутренней мерой, то говорят, что множество измеримо по Лебегу, и $m(S) = m_e(S) = m_i(S)$. Каждое ограниченное *открытое множество* измеримо. Лебегова мера обладает свойством счётной аддитивности; мера всякого интервала равна его длине; мера конечного или счётного множества точек равна нулю. Если множество измеримо по Жордану, то оно измеримо и по Лебегу, и эти меры совпадают; обратное утверждение неверно. Понятие меры Лебега обобщается на неограниченные множества и на многомерный случай.

мери́диан / meridian // Meridian m : полуокружность *большого круга*, соединяющая северный и южный полюсы земного шара. См. также *долгота*, *Гринвич*, *параллель*.

Мерку́рий / Mercury // Merkur m : ближайшая к Солнцу планета Солнечной системы, находящаяся от Солнца на среднем расстоянии 0,387 а.е. (астрономической единицы) или 57,9 млн км. Период обращения Меркурия вокруг Солнца равен 87,97 средних солнечных суток. Вследствие значительного эксцентриситета орбиты ($e = 0,206$) расстояние Меркурия от Солнца меняется от 46 млн км до 70 млн км. Особенность движения Меркурия заключается в большом вековом (систематическом) смещении перигелия орбиты (в сторону орбитального движения), составляющем около 575" в столетие, из которого только 43" не могут быть объяснены возмущающим действием тяготения других планет. Это явление получило объяснение только на основе *общей теории относительности* (релятивистской теории тяготения) и служит одним из астрономических её подтверждений.

Будучи нижней планетой, Меркурий с Земли наблюдается или вечером сразу после заката, или утром перед восходом Солнца на ярком фоне зари, так как наибольшее угловое расстояние от солнечного диска не превосходит 28°. Угловая скорость вращения Меркурия вокруг собственной оси ровно в полтора раза больше орбитальной угловой скорости, т.е. за два оборота по орбите планета совершает ровно три оборота вокруг оси. Температура поверхности меняется от -180°C до $+430^\circ\text{C}$.

меромо́рфная фу́нкция / meromorphic function // meromorphe Funk-

tion: функция $f(z)$ комплексного переменного z , регулярная в ограниченной области за исключением конечного числа *полюсов*, называется мероморфной в этой области. Функция, мероморфная в любом круге, называется мероморфной на плоскости. Примеры: $\frac{1}{P(z)}$, где $P(z)$ — *многочлен*, и $\operatorname{tg} z$ — мероморфные функции на плоскости; $f(z) = \frac{1}{z} + 1 + z + z^2 + z^3 + \dots$ мероморфна в круге $|z| < 1$ (ряд $1 + z + z^2 + z^3 + \dots$ сходится внутри этого круга, функция $f(z)$ регулярна в проколоте круге $0 < |z| < 1$).

меры длины / measures of length // Längenmaße *pl*: см. *единицы длины*.

меры объёма / measures of capacity // Raumaße *pl*: см. *единицы объёма*.

меры площади / measures of area // Flächenmaße *pl*: см. *единицы площади*.

место 1 / place, locus // Platz *m*, Ort *m*, Punkt *m*, Stelle *f*: пункт, точка (или небольшая её окрестность).

место 2 / place, position // Position *f*, Stelle *f*, Arbeitsplatz *m*: должность, место работы, позиция на службе.

металлическая связь / metallic bond // metallische Bindung: тип химической связи атомов в веществах, обладающих металлическими свойствами. Металлическая связь обусловлена большой концентрацией в таких веществах электронов проводимости. Положительные ионные остовы, погруженные в такую «электронную жидкость», удерживаются на определенных расстояниях друг от друга, образуя кристаллическую решетку как правило по типу наиболее плотной упаковки.

металлический / metallic // metallisch, Metall=: сделанный из *металла*.

металлы / metals // Metalle *pl*: вещества, обладающие высокой тепловой и электрической *проводимостью*, прочностью, пластичностью, способностью хорошо отражать электромагнитные волны, металлическим блеском; одна из групп, на которые в химии условно принято делить все простые тела (металлы и неметаллы). Особые электрические, оптические, тепловые и упругие свойства металлов обусловлены наличием в них большого количества свободно перемещающихся электронов. В твердом состоянии металлы имеют кристаллическое строение.

метаматематика / metamathematics // Metamathematik *f*: совокупность математических теорий, используемых при изучении формальных теорий (исчислений). Термин «метаматематика» используется также как синоним теории доказательств.

метастабильное состояние / metastable state // metastabiler Zustand: 1) В термодинамике — состояние неустойчивого равновесия, в котором *термодинамическая система* может находиться длительное время,

не переходя в более устойчивое (при данных внешних условиях) состояние. Существование метастабильных состояний связано с особенностями кинетики *фазовых переходов*, которые начинаются с появления зародышей новой фазы: пузырьков пара при переходе жидкости в пар или центров конденсации при переходе пара в жидкость, микрокристалликов при переходе жидкости в твердую фазу и т.п. Для образования зародышей требуется дополнительная энергия на создание поверхности раздела фаз. С существованием метастабильных состояний связаны явления магнитного, электрического и упругого *гистерезиса*, закалка стали, образование пересыщенных паров и растворов и т.п. Пар в метастабильном (пересыщенном) состоянии используется в *камерах Вильсона* для регистрации треков заряженных частиц; для тех же целей в современных *пузырьковых камерах* используется жидкость в перегретом состоянии.

2) В квантовой физике — возбужденное энергетическое состояние атомных систем (атомов, молекул, атомных ядер), в котором они могут существовать длительное (по атомным масштабам) время. Метастабильны такие возбужденные состояния, *квантовые переходы* из которых в состояния с меньшей энергией, сопровождающиеся испусканием фотонов, запрещены точными или приближенными квантовомеханическими правилами отбора. Обычно время жизни метастабильных состояний атомов и молекул составляет от долей секунды до нескольких секунд.

метацѐнтр / metacenter // Metazentrum *n*: точка, от положения которой зависит устойчивость (остойчивость) плавающего тела. На плавающее тело (корабль) действует сила тяжести, приложенная в центре масс, и архимедова *выталкивающая сила*, которую можно считать приложенной в центре масс объема вытесненной жидкости. При наклоне корабля (боковом крене) точка приложения выталкивающей силы смещается из плоскости симметрии. Пересечение линии действия выталкивающей силы с плоскостью симметрии и есть метацѐнтр. Плавающее тело будет устойчивым, если метацѐнтр лежит выше центра тяжести тела.

метеороло́гия / meteorology // Meteorologie *f*: наука о земной *атмосфере*, её строении, свойствах и происходящих в ней физических процессах. Как составные части в метеорологию входят: физика атмосферы (изучение законов, управляющих атмосферными процессами), синоптическая метеорология (изучение погоды), климатология (изучение климата), аэрология (изучение верхних слоев атмосферы). В современной метеорологии широко применяются расчеты на *компьютерах*.

ме́тка / label, mark, marker, flag // Marke *f*, Markierung *f*: опознавательный знак, помогающий отыскать предмет или определённое место какого-либо предмета. В *программировании* — символ, которым отмечается место в *программе*, куда может быть назначен *переход*.

мѐтод / method // Methode f , Verfahren n : способ решения какой-либо группы задач.

мѐтод А́беля / Abel method // Abelsches Summationsverfahren: один из методов *суммирования* рядов: ряду $\sum_{n=0}^{\infty} a_n$ (*) сопоставляется при $0 < x < 1$ ряд $\sum_{n=0}^{\infty} x^n a_n$ (**); если ряд (**) сходится и притом существует $S = \lim_{x \rightarrow 1-0} \sum_{n=0}^{\infty} x^n a_n$, то говорят, что ряд (*) суммируем по Абелю к сумме S . Теорема: Если ряд (*) сходится и его сумма равна P , то он суммируем по Абелю к сумме P . Обратное утверждение, вообще говоря, неверно, как показывает пример расходящегося ряда $1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \dots$, суммируемого по Абелю к $1/2$: $1 - x + x^2 - x^3 + \dots = \frac{1}{1+x} \rightarrow 1/2$.

мѐтод вѝлки: то же, что *метод половинного деления*.

мѐтод Га́усса / Gaussian method // Gaußsche Methode f : 1) метод решения *систем линейных алгебраических уравнений*, состоящий в поочерѐдном исключении неизвестных. Изложим этот метод на примере системы трёх уравнений

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases} \quad (*)$$

при условии, что *определитель* матрицы $A = \{a_{ik}\}$ не равен нулю: $\det A \neq 0$. Если $a_{11} \neq 0$, разделим 1-е уравнение (т.е. обе его части) на a_{11} , затем из 2-го уравнения вычтем 1-е, умноженное на a_{21} , и из 3-го уравнения — 1-е, умноженное на a_{31} , тогда 2-е и 3-е уравнения уже не будут содержать x_1 :

$$\begin{cases} \tilde{a}_{22}x_2 + \tilde{a}_{23}x_3 = \tilde{b}_2 \\ \tilde{a}_{32}x_2 + \tilde{a}_{33}x_3 = \tilde{b}_3 \end{cases} \quad (**)$$

Здесь знак $\sim$ поставлен над буквами для указания на то, что новое значение получено из соответствующего старого. В случае $a_{11} = 0$ следует предварительно поменять местами 1-е и 2-е уравнения (или 1-е и 3-е уравнения) системы (*), чтобы деление на коэффициент при x_1 стало возможно. С системой (**) поступим аналогично, при этом получим 3-е уравнение вида $ax_3 = b$, откуда $x_3 = b/a$. Подставляя x_3 в 1-е уравнение (**), получим уравнение вида $px_2 = q$, отсюда $x_2 = q/p$, тогда из 1-го уравнения системы (*) найдѐм x_1 . Метод Гаусса применяется и к линейным системам общего вида (m уравнений с n неизвестными).

2) метод упрощения *определителя* путѐм добавления к какой-нибудь строке таких *линейных комбинаций* других строк, чтобы получился столбец, все элементы которого равны нулю, за исключением, быть может, одного. При указанной операции со строками значение определителя не меняется;

аналогичные действия можно производить и со столбцами.

методика / methods // Methodik f : система приёмов, применяемых в научно-исследовательской работе или педагогической деятельности.

метод итераций / iteration method // Iterationsverfahren n : метод приближённого вычисления корней (*вещественных* или *комплексных*) уравнения вида $x = f(x)$, где $f(x)$ — заданная *непрерывная* функция. Имея для корня ξ начальное приближение $x_0 \approx \xi$, последовательно вычисляют дальнейшие приближения, или итерации, по формулам $x_1 = f(x_0)$, $x_2 = f(x_1)$, $\dots$, $x_{n+1} = f(x_n)$. Если последовательность итераций $x_1, x_2, \dots$ сходится к *пределу* x_* , то этот предел и есть корень уравнения, $x_* = \xi$. Для сходимости итераций достаточно, чтобы в некоторой окрестности $|x - \xi| < \epsilon$ корня ξ функция $f(x)$ имела производную, причем выполнялось неравенство $|f'(x)| < 1$, и x_0 было взято из этой же окрестности: $|x_0 - \xi| < \epsilon$. Пример: уравнение Кеплера (Johannes Kepler, 1571–1630) $x = \gamma \sin x + b$, где $-1 < \gamma < 1$. Здесь достаточное условие сходимости выполняется при любых $x \in (-\infty, +\infty)$, поэтому при произвольном выборе $x_0 \in (-\infty, +\infty)$ последовательность итераций сходится к единственному корню уравнения.

метод конечных элементов / finite element method // Finite-Element-Method f : метод приближённого вычисления решений краевых задач для *дифференциальных уравнений*. Пусть, например, требуется найти решение $u(x, y)$ уравнения Пуассона $u_{xx} + u_{yy} = -f(x, y)$ в области D на плоскости Oxy , равное нулю на границе этой области. В методе конечных элементов разбивают область на малые участки $d_1, \dots, d_n$ («элементы») и задают систему стандартных базисных функций $\phi_1(x, y), \dots, \phi_n(x, y)$, причём функция $\phi_k(x, y)$ равна нулю вне объединения элемента d_k и окружающих его элементов. Из *вариационного исчисления* известно, что точное решение задачи $u(x, y)$ даёт интегралу $J[u] = \int_D (u_x^2 + u_y^2 - 2f(x, y)u) dx dy$ минимальное значение в классе гладких функций, равных нулю на границе. Приближённое решение $\tilde{u}(x, y)$ ищут в виде линейной комбинации $\sum_{k=1}^n A_k \phi_k(x, y)$ с коэффициентами $A_1, \dots, A_n$, которые находятся из условия минимальности интеграла $J[\tilde{u}]$. Метод весьма эффективен при вычислениях на компьютере.

метод множителей Лагранжа, правило множителей Лагранжа / Lagrange method of (undetermined) multipliers // Lagrangesche Multiplikationmethode: метод, сводящий задачу о нахождении *условного экстремума* функции нескольких переменных или *функционала* к задаче о безусловном экстремуме. а) Пусть требуется найти максимум или минимум функции $f(x)$, где $x = (x_1, \dots, x_n)$, при условиях $g_i(x) = 0$, $i = 1, \dots, m$, $m < n$. Функция $L(x, \lambda) = f(x) + \lambda_1 g_1(x) + \dots + \lambda_m g_m(x)$ называется функцией

Лагранжа, а числовые коэффициенты $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ — множителями Лагранжа. Если x^* — решение задачи на условный экстремум, то существует система множителей Лагранжа λ^* такая, что точка x^* доставляет обычный (безусловный) экстремум для функции Лагранжа $L(x, \lambda^*)$. Координаты $x_1^*, \dots, x_n^*$ точки x^* и множители $\lambda_1^*, \dots, \lambda_m^*$ находятся из системы уравнений

$$\frac{\partial L(x, \lambda)}{\partial x_1} = 0, \dots, \frac{\partial L(x, \lambda)}{\partial x_n} = 0, \quad g_1(x, \lambda) = 0, \dots, g_m(x, \lambda) = 0.$$

б) Для функционалов: см. *изопериметрическая задача*.

мéтод наимéньших квадрáтов [сокр: МНК] / least squares method // Methode der kleinsten Quadrate [сокр: МКQ]: в *вычислительной математике* МНК применяется для *приближения функций*. Пусть требуется функцию $f(x)$, заданную значениями $f_k = f(x_k)$ в узловых точках $x_1, \dots, x_n$, приблизить функцией вида $\tilde{f}(x) = \alpha_1 g_1(x) + \dots + \alpha_m g_m(x)$, $m < n$, где $g_1(x), \dots, g_m(x)$ — заданные базисные функции; обычно берут $g_j(x) = x^{j-1}$, $j = 1, \dots, m$. Составляют квадратичное отклонение $d(\alpha_1, \dots, \alpha_m) = \sum_{k=1}^n (f_k - \tilde{f}(x_k))^2$ и ищут минимум функции $d(\alpha_1, \dots, \alpha_m)$, что приводит к системе линейных уравнений для неизвестных α_j :

$$\begin{cases} g_{11}\alpha_1 + g_{12}\alpha_2 + \dots + g_{1m}\alpha_m &= \varphi_1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ g_{m1}\alpha_1 + g_{m2}\alpha_2 + \dots + g_{mm}\alpha_m &= \varphi_m \end{cases},$$

называемой нормальной системой. Здесь введены обозначения:

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^n g_i(x_k)g_j(x_k), \quad \varphi_j = \sum_{k=1}^n f_k g_j(x_k).$$

Нормальная система всегда имеет единственное решение. МНК применяют также при обработке результатов наблюдений.

мéтод Нью́тона, метод касательных / Newton method, Newton-Raphson method // Newtonsches Verfahren: метод приближённого вычисления корней (*вещественных* или *комплексных*) уравнения вида $f(x) = 0$, где $f(x)$ — заданная функция, имеющая непрерывную производную $f'(x)$. Имея для корня ξ начальное приближение $x_0 \approx \xi$, последовательно вычисляют приближения по формулам $x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$, $x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$, $\dots$, $x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$. Геометрический смысл этих действий: график функции $f(x)$ заменяется прямой, касательной к графику в точке x_0 (отсюда второе название метода), и находится точка пересечения касательной с осью x , затем процедура повторяется начиная уже от новой точки, и так далее.

Если последовательность $x_1, x_2, \dots$ имеет *предел* x_* , то этот предел и есть корень уравнения, $x_* = \xi$. Достаточное условие сходимости: $f(a)f(b) <$

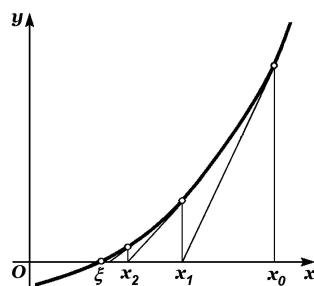


Рис. 102: Метод Ньютона

0, $f''(x) \neq 0$ при $x \in [a, b]$, причем $f(x_0)f''(x_0) > 0$. Так, для уравнения $x^3 - 3x + 1 = 0$ условие сходимости выполняется, например, на отрезке $[1, 2]$ при $x_0 = 2$, так как $f(1)f(2) = -6 < 0$, $f''(x) = 6x > 0$, $f(2)f''(2) = 72 > 0$. Сходимость в методе Ньютона очень быстрая; в данном примере уже $x_5 = 1,532088886$ даёт для корня 10 правильных цифр: $|\xi - x_5| < 10^{-9}$.

Метод Ньютона обобщается на системы нелинейных уравнений, на интегральные и функциональные уравнения.

мѳдод перевала / saddle point method, method of steepest descent // Sattelpunktmethode f , Methode des steilsten Abstiegs: метод вычисления *асимптотики* при $t \rightarrow +\infty$ (комплексных) интегралов вида $\int_{\gamma} f(z)e^{tS(z)}dz$, где $f(z)$ и $S(z)$ — *регулярные функции* в области D , содержащей незамкнутый контур γ .

Пусть $S(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, тогда $|e^{S(z)}| = e^{u(x, y)}$. График функции $\zeta = e^{u(x, y)}$ в трёхмерном пространстве (x, y, ζ) называется рельефом функции $e^{S(z)}$. Поскольку $u(x, y)$ — гармоническая функция, то она не имеет максимумов или минимумов, и на рельефе не могут существовать «ямы» или «холмы». В методе перевала важную роль играют *седловые точки*, или точки перевала. Седловой точкой функции $S(z)$ называется такая точка z_0 , что $S'(z_0) = 0$. Седловая точка называется невырожденной, если $S''(z_0) \neq 0$; в окрестности z_0 рельеф функции $e^{S(z)}$ имеет при этом вид простого седла. На плоскости z в такой седловой точке пересекаются под прямым углом две кривые, при движении точки z по которым изменение функции $|e^S|$ происходит наиболее быстро. Одна из этих кривых называется линией наискорейшего спуска (ЛНС), другая кривая — линией наискорейшего подъёма (ЛНП). При удалении от точки z_0 вдоль ЛНС функция $|e^S|$ убывает наискорейшим образом, а вдоль ЛНП — наискорейшим образом возрастает. На ЛНС и на ЛНП функция $v(x, y)$ постоянна.

В окрестности точки z_0 уравнения линий наискорейшего спуска и

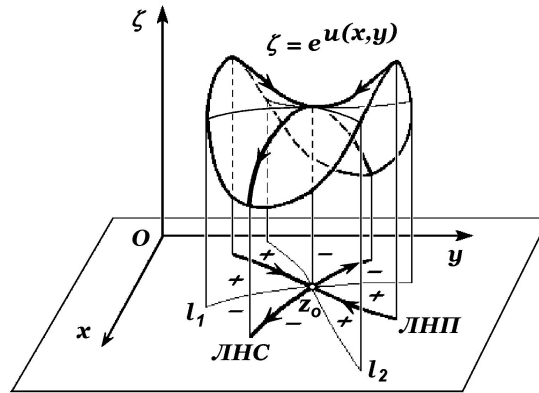


Рис. 103: Метод перевала

возрастания получаются из приближенного равенства $S(z) \approx S(z_0) + b(z - z_0)^2$, где $b = |b|e^{i\alpha} = \frac{1}{2}S''(z_0)$, $\alpha = \arg S''(z_0)$, $-\pi < \alpha \leq \pi$. Отсюда видно, что ЛНС и ЛНП перпендикулярны, и что ЛНС пересекает прямую, проходящую через z_0 и параллельную оси $\operatorname{Re} z$, под углом $\phi_0 = \frac{1}{2}(\pi - \alpha)$.

В седловой точке пересекаются под прямым углом также две кривые l_1 и l_2 , на которых функция $u(x, y)$ постоянна; при движении z по этим линиям соответствующая точка на рельефе перемещается на одной и той же высоте. Кривые l_1 и l_2 делят окрестность седловой точки на четыре сектора: два «положительных» и два «отрицательных»; каждый отрицательный сектор содержит одну ЛНС, каждый положительный — одну ЛНП. Если точка z удаляется от z_0 в отрицательном (положительном) секторе, то точка на рельефе спускается вниз (соответственно, поднимается вверх). Пусть начало контура γ находится в одном отрицательном секторе, а конец — в другом, тогда асимптотика интеграла имеет вид

$$F(t) = \pm e^{tS(z_0) + i\phi_0} \sqrt{\frac{2\pi}{t|S''(z_0)|}} [f(z_0) + O(z^{-1})],$$

где $\phi_0 = \frac{1}{2}(\pi - \arg S''(z_0))$, $0 \leq \arg S''(z_0) < 2\pi$, $-\pi/2 < \phi_0 \leq \pi/2$. В этой формуле следует взять знак «+», если вблизи седловой точки z_0 движение по контуру в направлении его ориентации образует острый угол ϕ_0 с положительным направлением оси $\operatorname{Re} z$, и знак «−» в противоположном случае.

мѐтод половѝнного делѝния, метод деления пополам, метод вилки, дихотомия / bisection method, dichotomy, binary chopping // Dichotomieverfahren n , Halbierungsmethode f , Eingabeln der Nullstelle: метод приближённого

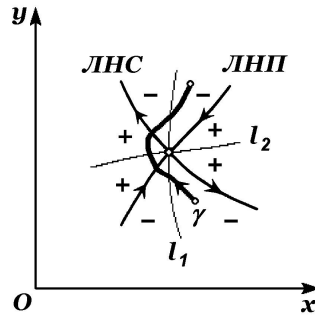


Рис. 104: Контур идет из одного отрицательного сектора в другой отрицательный сектор

вычисления *действительных* корней уравнения вида $f(x) = 0$, где $f(x)$ — заданная *непрерывная* действительная функция. Если на отрезке $[a, b]$ функция $f(x)$ меняет знак, т.е. $f(a)f(b) < 0$, то в качестве первого приближения к корню ξ принимают $x_1 = \frac{1}{2}(a+b)$ и вычисляют $f_1 = f(x_1)$. Если $f_1 = 0$, то искомый корень ξ найден: $\xi = x_1$, если же $f_1 \neq 0$, то по знаку произведения $f(a)f_1$ ясно, на каком из интервалов, (a, x_1) или (x_1, b) , находится корень. Пусть, например, $f(a)f_1 < 0$, тогда в качестве следующего приближения берут $x_2 = \frac{1}{2}(a + x_1)$ и вычисляют $f_2 = f(x_2)$, и т.д. После n делений отрезка пополам длина частичного отрезка равна $\delta_n = (b-a)/2^n$, при этом $|x_n - \xi| < \delta_n$. Процесс вычислений останавливают, когда δ_n становится меньше заранее заданной погрешности определения корня. Метод устойчивый, но сходимость довольно медленная.

мéтод Рýнге–Кýтта / Runge-Kutta method // Runge-Kuttasches Verfahren: метод приближённого решения *задачи Коши* для *обыкновенного дифференциального уравнения*. В случае уравнения 1-го порядка $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$ процедура вычисления решения в точке $x_0 + h$ состоит из следующих действий: 1) вычисляются величины $p_1 = hf(x_0, y_0)$, $p_2 = hf(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}p_1)$, $p_3 = hf(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}p_2)$, $p_4 = hf(x_0 + h, y_0 + p_3)$; 2) приближённое значение y_1 искомого решения в точке $x_1 = x_0 + h$ находится по формуле $y_1 = y_0 + (p_1 + 2p_2 + 2p_3 + p_4)/6$. Аналогично вычисляются приближённые значения решения в точках $x_2 = x_1 + h$, $x_3 = x_2 + h, \dots$ Метод обладает высокой точностью: погрешность решения на каждом шаге, т.е. величина $y(x_k) - y_k$, имеет *порядок малости* $O(h^5)$ при $h \rightarrow 0$. Существуют многочисленные модификации и обобщения описанной процедуры, в частности, для уравнений и систем высших порядков.

мéтод сéток: то же, что *конечно-разностный* метод.

мéтод спýска / method of descent // Methode des Abstiegs: в *вычислительной математике* — метод поиска минимума функции нескольких переменных. Процедура состоит в нахождении последовательности точек, в которых значения функции образуют убывающую последовательность. Простейший вариант метода — покоординатный спуск с постоянным шагом h ; для функции от двух переменных $f(x, y)$ такой спуск производится следующим образом. Выбирают начальную точку (x_0, y_0) , вычисляют значения функции f_0 в этой точке и значения f_0^- , f_0^+ в точках $(x_0 - h, y_0)$, $(x_0 + h, y_0)$, соответственно, и выбирают наименьшее число f_1 из этих трёх значений (спуск по координате x). Пусть $f_1 = f(x_1, y_0)$; теперь вычисляют значения функции f_1^- , f_1^+ , соответственно, в точках $(x_1, y_0 - h)$, $(x_1, y_0 + h)$, и выбирают наименьшее число f_2 из значений f_1 , f_1^- , f_1^+ (спуск по y), и далее повторяют поочерёдно спуски по x и по y . Если на некотором этапе окажется $f_{n+1} = f_n$, то это означает, что искомый минимум найден с координатной точностью h ; для уточнения положения минимума можно повторить поиск с уменьшенным шагом.

В методе градиентного спуска направление спуска выбирается в сторону $-\text{grad } f$, т.е. в сторону наибо́льшего убывания функции:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0 - h \frac{\partial f(x_0, y_0)}{\partial x}, & y_1 &= y_0 - h \frac{\partial f(x_0, y_0)}{\partial y}, \\ x_2 &= x_1 - h \frac{\partial f(x_1, y_1)}{\partial x}, & y_2 &= y_1 - h \frac{\partial f(x_1, y_1)}{\partial y}, \end{aligned}$$

и так далее. Этот спуск быстрее, чем покоординатный, но он требует вычисления на каждом шаге *частных производных*.

мéтод сумми́рования / method of summation // Summationsverfahren n : метод суммирования *ряда* — алгоритм, сопоставляющий расходящемуся ряду число $\tilde{S}$, условно называемое суммой ряда. В частности, при суммировании ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ методом *Абеля* составляют степенной ряд $S(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n$. Пусть этот ряд сходится при $0 < x < 1$, тогда в качестве $\tilde{S}$ берут предел $\lim_{x \rightarrow 1-0} S(x)$, если он существует. Пример: сумма по Абелю расходящегося ряда $1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \dots$ равна $1/2$.

мéтод Фу́рье / Fourier method // Fouriersche Methode: метод решения задач для *дифференциальных уравнений* с частными производными, состоящий из *разделения переменных* (2) и отыскания решения задачи в виде суммы ряда частных решений уравнения или в виде интеграла от частных решений. Пример — задача о теплопроводности стержня: требуется найти температуру $u(x, t)$ в точке стержня $x \in (0, b)$ в момент времени $t > 0$, причём $u(x, t)$ удовлетворяет уравнению $\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, граничным условиям $u(0, t) = u(b, t) = 0$ и начальному условию $u(x, 0) = f(x)$. При разделении переменных возникает *задача Штурма–Лиувилля*: $X'' + \lambda X = 0$, $X(0) = X(b) = 0$,

с собственными значениями $\lambda_n = (n\pi/b)^2$, $n = 1, 2, \dots$ и собственными функциями $X_n(x) = \sin(n\pi x/b)$. Решение задачи имеет вид ряда $u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-\frac{n\pi at}{b}} \sin \frac{n\pi x}{b}$; коэффициенты A_n находятся из равенства $\sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{n\pi x}{b} = f(x)$, а именно, $A_n = \frac{b}{2} \int_0^b f(x) \sin \frac{n\pi x}{b} dx$, см. *ряд Фурье*.

мѐтод хорд, метод секущих / method of false position, regula falsi // Regula falsi, Sekantenverfahren n : метод приближённого вычисления вещественных корней уравнения вида $f(x) = 0$, где $f(x)$ — заданная непрерывная вещественная функция. Если на отрезке $[a, b]$ функция $f(x)$ меняет знак, т.е. $f(a)f(b) < 0$, то в качестве первого приближения к корню ξ принимают $x_1 = a - f(a) \frac{b-a}{f(b)-f(a)}$ и вычисляют $f_1 = f(x_1)$. Если $f_1 = 0$, то искомый корень ξ найден: $\xi = x_1$, если же $f_1 \neq 0$, то по знаку произведения $f(a)f_1$ ясно, на каком из интервалов, (a, x_1) или (x_1, b) , находится корень. Пусть, например, $f(a)f_1 < 0$, тогда в качестве следующего приближения берут $x_2 = x_1 - f_1 \frac{x_1-a}{f_1-f(a)}$ и вычисляют $f_2 = f(x_2)$, и т.д. Геометрический смысл этих действий: график функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$ заменяется хордой, т.е. секущей прямой, проходящей через концевые точки графика, и находится точка пересечения хорды с осью Ox ; затем строится новая хорда и находится точка её пересечения с осью Ox , и т.д. Процесс вычисления останавливают, когда $|x_{n+1} - x_n|$ становится меньше заранее заданной погрешности определения корня. Метод устойчивый, но сходимость довольно медленная.

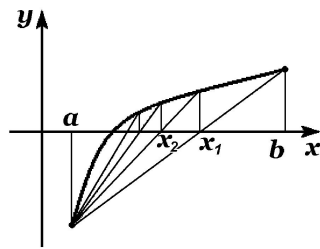


Рис. 105: Метод хорд

метр / meter, metre [англ] // Meter m, n : единица длины, равная длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ секунды; одна из семи основных физических единиц в *системе СИ*.

мѐтрика / metric, distance function // Metrik f : в математике — числовая функция ρ , сопоставляющая каждой паре x, y элементов множества X вещественное неотрицательное число $\rho(x, y)$, причѐм выполняются следующие аксиомы:

1) $\rho(x, y) \geq 0$, причём $\rho(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = y$ (невырожденность);

2) $\rho(x, y) = \rho(y, x)$ (симметрия);

3) $\rho(x, z) \leq \rho(x, y) + \rho(y, z)$ (неравенство треугольника).

Множество X , наделённое некоторой метрикой, называется метрическим пространством.

Примеры: 1) на любом множестве можно задать дискретную метрику: $\rho = 0$ при $x = y$ и $\rho = 1$ при $x \neq y$; 2) в n -мерном действительном векторном пространстве возможны различные метрики, например, $\rho(x, y) = \max_{1 \leq k \leq n} |x_k - y_k|$, $\rho(x, y) = \sum_{k=1}^n |x_k - y_k|$, или $\rho(x, y) = \sum_{k=1}^n \sqrt{(x_k - y_k)^2}$ (евклидова метрика); 3) в нормированном пространстве метрика определяется через норму: $\rho(x, y) = \|x - y\|$.

метрическая система мер / metric system of units // metrisches Maßsystem, metrisches System: система единиц, в которой различные единицы для измерения одной и той же физической величины относятся друг к другу как 10 в целой степени. Например, миллиметр (мм), дециметр (дм), метр (м), километр (км). Для обозначения дробных долей используются следующие приставки и краткие обозначения (в скобках указаны десятичный множитель и международное краткое обозначение):

деци, д (10^{-1} , d); санти, с (10^{-2} , c); милли, м (10^{-3} , m); микро, мк (10^{-6} , μ); нано, н (10^{-9} , n); пико, п (10^{-12} , p); фемто, ф (10^{-15} , f); атто, а (10^{-18} , a).

Приставки для кратных величин:

дека, да (10 , da); гекто, г (10^2 , h); кило, к (10^3 , k); мега, М (10^6 , M); гига, Г (10^9 , G); тера, Т (10^{12} , T); пета, П (10^{15} , P); экса, Э (10^{18} , E).

метрический тензор / metric tensor // metrischer Tensor: см. *риманово пространство*.

метрическое пространство / metric space // metrischer Raum: множество с введённой в нём метрикой. Метрическое пространство называется полным, если у любой фундаментальной последовательности точек пространства имеется предел, являющийся точкой пространства. Евклидово, гильбертово, банахово пространство являются полными метрическими пространствами.

метрология / metrology // Metrologie *f*: наука об измерениях и методах достижения их повсеместного единства и требуемой точности. К основным проблемам метрологии относятся: общая теория измерений, методы и средства измерений, теория погрешностей измерений, создание эталонов. Современная метрология использует достижения физики, химии и других естественных наук и опирается на физический эксперимент высокой точности.

механизм / mechanism // Mechanismus *m*: 1) созданное человеком устройство, предназначенное для выполнения каких-либо механических

действий; 2) в переносном смысле — структура и способ функционирования природной или искусственной системы, выполняющей определённую задачу, например, «генный механизм наследования какого-либо признака».

механика / mechanics // Mechanik *f*: раздел физики, в котором изучаются взаимодействия материальных тел и происходящие под их действием механические движения (перемещения) тел в пространстве и времени. Обычно этим термином обозначают так называемую *классическую механику*, в основе которой лежат *законы Ньютона*, а предметом изучения являются сравнительно медленные (по сравнению со скоростью света) движения макроскопических тел. Движения со скоростями, приближающимися к скорости света, рассматриваются в релятивистской механике (механике *теории относительности*), а внутриатомные явления и движения элементарных частиц изучаются в *квантовой механике*.

микро= / micro= // Mikro=: приставка, означающая одну миллионную часть, например, микрофарада, микросекунда. См. также *метрическая система мер*.

микроволновый диапазон, СВЧ (сверхвысокие частоты) / microwave range // Höchstfrequenzbereich *m*, Mikrowellenbereich *m*: диапазон электромагнитных волн длины 10 см и короче.

микроволновый резонатор / microwave resonator // Mikrowellenresonator *m*: замкнутая полость с хорошо проводящими стенками, внутри которой могут существовать свободные электромагнитные колебания. Наиболее распространены объемные резонаторы цилиндрической, прямоугольной и тороидальной формы. Резонаторы с металлическими стенками широко применяются в технике СВЧ (сверхвысоких частот) как частотные фильтры и резонансные колебательные системы генераторов, усилителей, приемных устройств и т.п. Период собственных колебаний поля в резонаторе не превышает времени прохождения волны между наиболее удаленными стенками. Чаще всего объемные резонаторы используются в режиме *основного нормального колебания*, т.е. *моды колебаний* с наименьшей собственной частотой.

микрометр / micrometer // Messschraube *f*, Mikrometer *n*: прибор для измерения малых линейных размеров. С помощью микрометра можно измерять длины с точностью до 1 *микрометра*.

микрометр / micron, micrometer // Mikrometer *m,n*: 1/1000 часть миллиметра; обозначение: 1 мкм / 1 μm // 1 μm . В 1 м содержится 1 000 000 микрометров; 1 μm = 10^{-6} м.

микрон / micron // Mikron *m*: устаревшее название для *микрометра*.

микроскоп / microscope // Mikroskop *n*: оптический или электронный прибор для получения сильно увеличенных изображений микроскопических предметов, не видимых невооруженным глазом. Микроскопы предназначены

для обнаружения и изучения бактерий, органических клеток, мелких кристаллов, структуры сплавов и других объектов, размеры которых меньше минимального разрешения глаза, равного 0,1 мм. Оптический микроскоп дает возможность различать структуры с расстоянием между элементами до 0,2 мкм. Типы микроскопов определяются либо областью применения, либо методом наблюдения. Существуют биологические микроскопы, применяемые в микробиологии, гистологии, цитологии, ботанике, медицине; металлографические микроскопы, предназначенные для исследования микроструктуры металлов и сплавов; стереомикроскопы для получения объемных изображений; измерительные микроскопы для точных измерений в машиностроении и т.п. В *электронных микроскопах* для получения изображений используют пучок электронов, просвечивающий исследуемый образец и преобразуемый электростатическими и магнитными линзами.

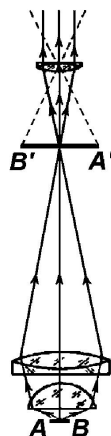


Рис. 106: Схема микроскопа

микросхэма, интегральная микросхема, чип / chip // Chip *m*: миниатюрный блок радиоэлектронной аппаратуры, обычно в виде кремниевой пластинки, содержащий транзисторы, резисторы, конденсаторы и т.д., причем размеры этих элементов микроскопически малы.

микрофбн / microphone // Mikrophon *n*: прибор, преобразующий звуковые (акустические) колебания в колебания напряжения электрического тока. Существует большое разнообразие микрофонов, действие которых основано на разных принципах.

милли= / milli= // Milli=: приставка, означающая 1/1000 часть, например, миллиметр, миллиампер. См. также *метрическая система единиц*.

миллиампёр / milliampere // Milliampere *n*: 1/1000 часть *ампера*; обозначение: 1 мА / 1 mA // 1 mA.

миллиангстрём / milliangström // Milliangström n : 1/1000 часть *ангстрема*; обозначение: 1 мÅ / 1 mÅ // 1 mÅ. В 1 метре содержится 10^{13} мÅ.

миллиárd, биллион / milliard [англ], billion [амер], a thousand millions // Milliarde f : 1000 миллионов, 10^9 .

миллибár / millibar // Millibar n : единица давления, часто используемая в метеорологии. 1 миллибар равен 100 Па. 1000 миллибаров = 750,076 мм ртутного столба или 0,987 атмосферы.

миллиметр ртúтного столбá (мм рт. ст., тоpp) / millimeter of mercury, mm Hg // Millimeter Quecksilbersäule: внесистемная единица давления, часто используемая в сообщениях о погоде. 1 мм рт. ст. равен 133,322 Па.

миллиóн / million // Million f : 1000 тысяч, 10^6 .

мíля / mile // Meile f : 1) единица длины в *английской системе единиц*; 1 английская миля (statute mile, [сокp: 1 m.]) равна 1609,34 м; 2) 1 морская миля (nautical mile) равна 1852 м, что равно средней длине 1 (угловой) *минуты* земного *меридиана*.

минимáкс / minimax // Minimax n : функция двух переменных $f(x, y)$ имеет в точке (x_0, y_0) минимакс, если $f(x_0, y_0) = \min_x(\max_y) f(x, y)$ при (x, y) в окрестности точки (x_0, y_0) . Пример: функция $f(x, y) = 1 + x^2 - y^2$ имеет минимакс в точке $(0, 0)$, равный 1.

минимáльный / minimal, minimum // minimal, Minimal=, kleinst: наименьший.

минимизáция / minimization // Minimisierung f : нахождение наименьшего значения (функции или функционала).

минимизи́рующая последовательность / minimizing sequence // Minimalfolge f : пусть *функционал* $J[y]$ в классе функций D ограничен снизу: $J[y] \geq m = \inf_{y \in D} J[y]$, и пусть последовательность функций $y_1(x), y_2(x), \dots$ из этого класса такова, что $J[y_n] \rightarrow m$ при $n \rightarrow \infty$, тогда $\{y_n(x)\}$ называют последовательностью, минимизирующей данный функционал. Если при этом сама последовательность $\{y_n(x)\}$ сходится к некоторой предельной функции $f(x) \in D$, а функционал непрерывен: $\lim_{n \rightarrow \infty} J[y_n(x)] = J[f]$, то $\{y_n(x)\}$ можно использовать для приближенного решения задачи о минимуме функционала. См. также *максимизирующая последовательность*.

мíнимум / minimum // Minimum n : наименьшее значение. Говорят, что функция $f(x)$ имеет локальный минимум в точке x_0 , если $f(x_0)$ — наименьшее значение функции по сравнению с её значениями во всех других точках из некоторой окрестности точки x_0 . Абсолютный минимум функции — наименьшее значение во всей области определения функции. См. также *максимум*.

минóр / minor // Unterdeterminante f , Minor m : в алгебре: а) минор

элемента a_{ik} квадратной *матрицы* A порядка n — *определитель* квадратной матрицы порядка $n - 1$, полученной вычёркиванием из матрицы A строки номер i и столбца номер k ; б) минор порядка p (прямоугольной) матрицы A — определитель всякой квадратной *подматрицы* порядка p матрицы A .

м́инус 1) minus // minus: обозначение операции вычитания: «5 минус 3 равно 2» / 5 minus 3 is 2 // 5 minus 3 ist 2; 2) minus / Minuszeichen n : знак отрицательного числа, например, $a = -7$.

мину́та / minute // Minute f : 1) единица времени, равная 60 *секундам*. Сокращённое обозначение: мин. 2) единица измерения углов, равная $1/60$ *градуса*. Обозначается штрихом, например, $36'$.

мир 1 / world, universe // Welt f , Weltall n : всё, что нас окружает, *вселенная*.

мир 2 / peace // Frieden m : отсутствие войны.

мировáя ли́ния / world line // Weltlinie f : в *теории относительности* — линия в четырёхмерном пространстве-времени (пространстве Минковского), изображающая последовательность событий, происходящих с некоторой частицей. Так как движение всех реальных частиц происходит со скоростями, меньшими скорости света c , на диаграмме Минковского касательная к мировой линии частицы в любой ее точке наклонена к оси времени на угол, тангенс которого не превосходит c .

мише́нь / target // Schießscheibe f : в военном деле — точка или объект, в который стреляют.

Млечный путь: то же, что *Галактика*.

мнимая едини́ца / imaginary unit // imaginäre Einheit: *комплексное число* i , изображаемое точкой $(0, 1)$ на *комплексной плоскости* z . Имеет место равенство $i^2 = -1$.

мнимое изображение / virtual image // virtuelles Bild, scheinbares Bild: в оптической системе — если лучи света от какой-либо точки предмета после прохождения через оптическую систему образуют расходящийся пучок, то точка пересечения продолжений этих лучей назад представляет собой мнимое изображение соответствующей точки предмета. При попадании в глаз наблюдателя такой расходящийся пучок создает впечатление, что свет исходит из точки мнимого изображения.

мнимое число́ / imaginary number // imaginäre Zahl: в широком смысле — *комплексное число*, у которого мнимая часть не равна нулю; в узком смысле — комплексное число, у которого действительная часть равна нулю («чисто мнимое число»).

многогра́нная пове́рхность / polyhedral surface // polyedrische Fläche: поверхность, образованная из плоских *многоугольников* («граней поверхности») так, что каждая сторона («ребро поверхности») любого из этих многоугольников

является стороной ещё одного многоугольника («смежного» с первым), а от каждой грани можно перейти к любой другой грани, переходя последовательно по смежным граням.

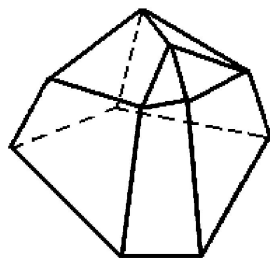


Рис. 107: Многогранная поверхность

многогранник / polyhedron, polytope // Polyeder n , Vielkant n : тело в пространстве, ограниченное замкнутой *многогранной поверхностью*. Примеры многогранников: призма, пирамида, куб, параллелепипед. См. также *правильные многогранники*.

многогранный угол / polyhedral angle // körperliche Ecke: пусть P — точка в пространстве, не лежащая в плоскости *многоугольника* $A_1A_2 \dots A_n$ ($n \geq 3$). Многогранный (в данном случае n -гранный) угол — часть пространства, ограниченная плоскими углами $\angle A_1PA_2$, $\angle A_2PA_3$, $\dots$, $\angle A_{n-1}PA_n$, $\angle A_nPA_1$. (Здесь термин «плоский угол» понимается как часть плоскости, ограниченная двумя лучами). Точка P называется вершиной (vertex // Scheitel m) многогранного угла, каждый луч PA_k — ребром (edge // Kante f), каждый плоский углы — гранью многогранного угла (side // Seite f).

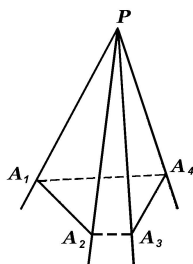


Рис. 108: Многогранный угол

многозначная функция / many-valued function, multiple-valued function // mehrdeutige Funktion, nichteindeutige Funktion: 1) то же, что

многозначное отображение; 2) многозначная аналитическая функция — то же, что *полная аналитическая функция*.

многозначное отображение / many-valued mapping, multi-valued mapping // mehrdeutige Abbildung, vieldeutige Abbildung: *отображение*, которое сопоставляет некоторым из элементов одного множества более одного элемента другого множества. Другими словами, у некоторых элементов образ состоит более чем из одного элемента. Пример: множество $A = \{\text{Иванов, Петров, Сидоров}\}$, множество $B = \{\text{Рим, Париж, Берлин, Хабаровск}\}$. Известно, что Иванов посетил Рим, Петров — Берлин и Париж, Сидоров — Хабаровск. Очевидно, отображение $f: A \rightarrow B$ многозначное, так как образ Петрова состоит из двух элементов (Берлин и Париж). Обратное отображение f^{-1} в данном примере однозначное.

многократный / multiple, repeated // mehrfach, vielfach: а) повторяющийся несколько раз; б) многократный корень уравнения — корень, имеющий *кратность* больше 1.

многоли́стная по́верхность / many-sheeted surface // mehrblättrige Fläche: см. *риманова поверхность*.

многоли́стная фу́нкция / many-sheeted [or: many-to-one] function // mehrblättrige Funktion: *функция комплексного переменного*, принимающая в некоторых точках своей области определения одинаковые значения: $f(z_1) = f(z_2)$, $z_1 \neq z_2$. Обратная функция многозначна. Примеры: функция $w = z^2$ — двули́стная, так как $w(-z) = w(z)$; функция $w = e^z$ — бесконечноли́стная, так как $w(z + 2k\pi i) = w(z)$, $k = \pm 1, \pm 2, \dots$. Многоли́стная функция отображает свою область определения на многоли́стную *риманову поверхность*; обратная функция, определённая на такой поверхности, однозначна.

многоме́рное про́странство / many-dimensional space // mehrdimensionaler Raum: *евклидово пространство* размерности больше 3. Термин имеет лишь историческое значение; в настоящее время не делают принципиального различия между пространствами размерности 3 и выше.

многообра́зие / manifold, variety // Mannigfaltigkeit f : в математике: геометрический объект, локально имеющий строение *евклидова пространства*. Понятие многообразия уточняет и обобщает на любое число измерений понятие линии и поверхности.

Пусть M — *хаусдорфово пространство*, в частности, подмножество евклидова пространства. Если у каждой точки $x \in M$ найдётся окрестность U , *гомеоморфная* некоторому открытому множеству K евклидова пространства $\mathbf{R}^n$ или полупространства $\mathbf{R}_+^n = \{x : x_n \geq 0\}$, то M называется топологическим многообразием (или локально евклидовым пространством) размерности n . Пара (U, ϕ) , где U — окрестность точки x , а ϕ гомеоморфно отображает U на K , называется локальной картой точки x ; обратное отображение

ϕ^{-1} гомеоморфно отображает K на U . Таким образом, каждая точка $x \in X$ имеет в локальной карте (U, ϕ) ровно n координат, а именно, n евклидовых координат образа $\phi(x) \in K$ этой точки x . См. также *дифференцируемое многообразие*.

Многообразие M распадается на внутренность $\text{Int } M$ и край ∂M : точки края отвечают в своих картах точкам границы $\mathbf{R}_+^n$ в $\mathbf{R}^n$. Край является $(n - 1)$ -мерным многообразием без края и может быть пустым; например, шар — трёхмерное многообразие с краем (сферой), а сфера — двухмерное многообразие без края.

многосвязная область / multiply connected domain // mehrfach zusammenhängendes Gebiet: *область* на плоскости, граница которой состоит более чем из одной *связной компоненты*. Многосвязные области подразделяются на двусвязные, трёхсвязные и т.д. в соответствии с числом связных компонент границы. Примеры: а) кольцо $r^2 < x^2 + y^2 < R^2$ (в частности, круг с выколотым центром $0 < x^2 + y^2 < R^2$), полуплоскость $-\infty < x < +\infty$, $y > 0$, из которой выброшен круг $x^2 + (y - 2)^2 \leq 1$ — двусвязные области; б) круг $x^2 + y^2 < 10$ с разрезами $-2 \leq x \leq -1, y = 0$ и $1 \leq x \leq 2, y = 0$ — трёхсвязная область.

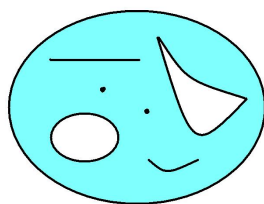


Рис. 109: Многосвязная область

многоугольник (полигон) / polygon // Polygon n , Vieleck n : часть плоскости, ограниченная простой замкнутой *ломаной линией*. Соответственно числу сторон, многоугольники называют треугольниками, четырёхугольниками, пятиугольниками и т.д. Многоугольник называют правильным, если все его стороны равны и все углы равны. Многоугольником называют также плоскую простую замкнутую ломаную линию.

многочлѐн: то же, что *полином*.

мнóжество / set, collection // Menge f : собрание, совокупность объектов, называемых элементами, обладающих каким-либо свойством, например, множество целых чисел, множество диагоналей правильного шестиугольника, множество молекул газа в сосуде. Запись $x \in M$ означает, что x — один из элементов множества M ; при этом говорят, что элемент x принадлежит множеству M . Запись $x \notin M$ означает, что x не является элементом M .

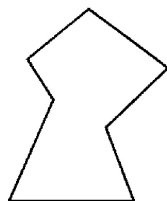


Рис. 110: Многоугольник

Множество, не имеющее элементов, называется пустым множеством и обозначается $\emptyset$. Множества A и B считаются равными, если они состоят из одних и тех же элементов. Множество A называется подмножеством множества B , если все элементы A принадлежат B , это записывают в виде $A \subseteq B$. Если $A \subseteq B$ и при этом $A \neq B$ (т.е. B содержит элементы, не принадлежащие A), то A называют собственным подмножеством множества B и пишут: $A \subset B$.

Операции над множествами:

1) Объединение множеств A и B (обозначается $A \cup B$) — множество, состоящее как из элементов A , так и из элементов B . 2) Пересечение множеств A и B (обозначение: $A \cap B$) — множество всех таких элементов, которые принадлежат множеству A и множеству B . 3) Дополнение подмножества $A \subseteq B$ в множестве B (обозначение: $B \setminus A$, $C_B A$ или $\bar{A}$) — подмножество элементов B , которые не принадлежат A .

Например, пусть $A = \{1, 2, 4, 7\}$, $B = \{0, 2, 3, 7, 9\}$, $M = \{0, 3, 7\}$, тогда $A \cup B = \{1, 2, 3, 4, 7, 9\}$, $A \cap B = \{2, 7\}$, $B \setminus M = \{2, 9\}$.

Множество называется конечным, если существует натуральное число n такое, что элементам множества можно взаимно однозначно сопоставить числа $1, 2, \dots, n-1, n$. См. также *мощность множества*.

мнóжимое / multiplicand // Multiplikand m : первый из двух сомножителей, т.е. сомножитель A в произведении $A \cdot B$.

мнóжитель / multiplier, factor // Multiplikator m , Faktor m : второй из двух сомножителей, т.е. сомножитель B в произведении $A \cdot B$. «Разложение на множители» / factorization // Zerlegung in Faktoren.

мóда 1 / fashion // Mode f : популярное направление в формах одежды, в типах поведения, в искусстве или науке.

мóда 2 / mode, harmonic, Fourier component // Mode f , Fourier-Komponente f : в физике и математике — *гармоника*, тип колебаний (см. также *моды колебаний*).

мóделíрование / simulation, modeling // Simulation f : в научных текстах: сопоставление реальному (физическому, биологическому, экономическому)

явлению его абстрактной, в частности, математической *модели*.

модéль / model, pattern // Modell n : модель реального явления или объекта — условное, упрощённое описание данного физического, биологического, экономического явления или объекта.

модифика́ция / modification // Modifikation f : видоизменение.

модифици́рованный ме́тод Нью́тона / modified Newton's method // modifiziertes Newtonsches Verfahren: видоизменённый *метод Ньютона*.

В отличие от основного метода Ньютона, каждое следующее после x_0 приближение к корню x^* функции $f(x)$ находится по упрощённой формуле:

$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$, т.е. производная вычисляется всего один раз — в точке x_0 . Вычисление каждого приближения в модифицированном методе происходит быстрее, чем в основном методе, однако сходимость приближений медленнее.

мо́дуль 1 / modulus, absolute value // Betrag m , absoluter Betrag, Absolut-Betrag m , Modul m : а) модуль, или абсолютная величина, *вещественного числа* a — число b , которое равно данному числу a , если $a \geq 0$, и равно числу $-a$, если $a < 0$; модуль числа a обозначается $|a|$; б) модуль $|x + iy|$ *комплексного числа* $x + iy$ — неотрицательное число, равное $\sqrt{x^2 + y^2}$; в) модуль *вектора* — его длина (или норма).

мо́дуль 2 / modulo // modulo: при сравнении чисел: « A по модулю B равно C » означает для *вещественных чисел* A и B , где $0 < B \leq A$, что существует целое число N такое, что $A - N \cdot B = C$, $0 \leq C < B$. Например, 8 по модулю 3 равно 2, это записывают в виде $8 \bmod 3 = 2$.

мо́дуль 3 / module // Modul m : в алгебре: обобщение понятия *линейного пространства*. В отличие от линейного пространства (где элементы можно умножать на элементы из некоторого *поля*), элементы модуля можно умножать на элементы из некоторого *кольца*. Например, пространство *вектор-столбцов* $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)^T$ можно рассматривать как модуль над кольцом всех квадратных $n \times n$ *матриц*, при этом произведение матрицы на вектор определяется обычным образом: $(A\vec{x})_i = \sum_{k=1}^n a_{ik}x_k$.

мо́дуль 4 / module // Modul m : в физике — коэффициент пропорциональности в некоторых формулах, в частности, модули упругости — величины, характеризующие упругие свойства материалов при малых деформациях. Пример: при малом растяжении упругого стержня удлинение стержня Δl выражается формулой $\Delta l = \frac{1}{E} \frac{l_0}{S} F$ (*закон Гука*), где l_0 — исходная длина, S — площадь поперечного сечения стержня, F — растягивающая сила, E — модуль Юнга, или модуль упругости.

модуля́ция / modulation // Modulation f : изменение во времени по заданному закону параметров, характеризующих какой-либо стационарный физический процесс. Например, модуляция гармонического колебания $y = A \cos(\omega t + \phi)$ в радиоволне, излучаемой антенной передатчика, возможна

путем изменения одного из трёх параметров: A (амплитуды), ω (частоты), ϕ (фазы). Модуляция применяется для кодирования и передачи каких-либо сообщений; при этом важно, чтобы изменение параметра происходило медленно по сравнению с частотой ω гармонического колебания (несущей частотой / carrier frequency // Trägerfrequenz f). Для передачи звуковых сообщений можно подключить к передатчику микрофон и изменять, например, амплитуду A («амплитудная модуляция»). Приёмное устройство в точке приёма радиосигнала выполняет демодуляцию («детектирование») модулированной волны, восстанавливая исходное сообщение.

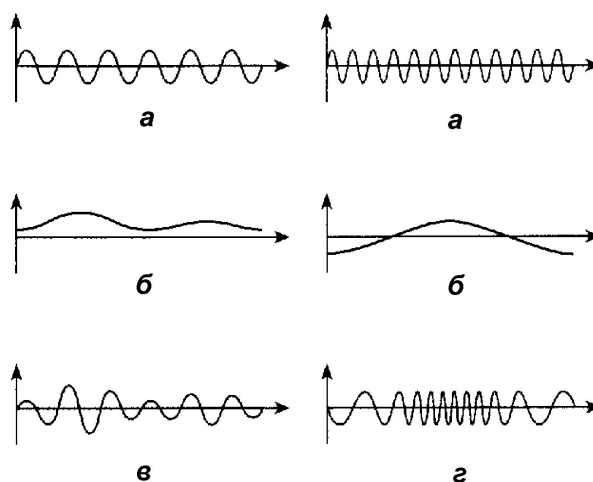


Рис. 111: Модуляция: а - несущая волна, б - сигнал, в - амплитудная модуляция, г - частотная модуляция

моды колебаний / oscillation modes // Schwingungsmoden pl : определённые типы колебаний (гармонические в отсутствие потерь) в системах с несколькими степенями свободы, *нормальные колебания*. Каждое нормальное колебание характеризуется определенным значением частоты, с которой осциллируют все элементы колебательной системы, и определенной конфигурацией (формой), т.е. распределением амплитуд и фаз по элементам системы. Линейно независимые моды, отличающиеся формой, но имеющие одну и ту же частоту, называются вырожденными. Частоты возможных нормальных колебаний называются собственными частотами системы. В дискретных системах число независимых нормальных колебаний равно числу степеней свободы системы. В системах с распределёнными параметрами (струна, мембрана, резонатор) существует бесконечное (но *счётное*) число нормальных колебаний.

Произвольное свободное колебание линейной системы можно представить в виде суперпозиции мод; при этом полная энергия колебаний распадается на сумму парциальных энергий отдельных мод. Это значит, что линейная система ведет себя как набор независимых гармонических осцилляторов, отклонения которых от положения равновесия можно выбрать в качестве обобщённых координат, описывающих движение системы в целом.

Моды колебательной системы в значительной мере определяют её резонансные свойства. Резонанс может возникнуть тогда, когда частота гармонического внешнего воздействия близка к одной из собственных частот системы. Установившееся вынужденное колебание в каждом из резонансов происходит по типу соответствующего нормального колебания, т.е. имеет характерную для данной моды конфигурацию.

Термин «моды» употребляют также для любого волнового поля, обладающего определенной пространственной структурой (симметрией), например, говорят о модах излучения *лазера*, поверхностных модах, экспоненциально спадающих модах и т.п.

моле́кула / molecule // Molekül *n*: наименьшая частица *вещества*, являющаяся носителем его химических свойств. Молекула состоит из *атомов*, соединённых между собой химическими связями. Число атомов в молекуле может составлять от двух атомов до десятков тысяч (у полимеров).

молекулярная ма́сса (относи́тельная): см. *относительная молекулярная масса*.

молекулярная фи́зика / molecular physics // Molekularphysik *f*: раздел физики, в котором изучаются физические свойства *макроскопических тел* в различных агрегатных состояниях на основе рассмотрения их молекулярного строения. Задачи молекулярной физики решаются путем изучения движения и взаимодействия частиц (атомов, молекул, ионов), из которых состоят макроскопические тела. Исторически первый раздел молекулярной физики — кинетическая теория газов, наибольший вклад в которую внесли английский физик Дж. Максвелл и австрийский физик Л. Больцман (Ludwig Boltzmann, 1844–1906). Экспериментальные доказательства существования молекул были получены в начале 20 века в работах французского физика Ж. Перрена (Jean Baptiste Perrin, 1870–1942), посвященных *броуновскому движению*. Теория броуновского движения была развита А. Эйнштейном и польским физиком М. Смолуховским (Marian Smoluchowski, 1872–1917). Круг вопросов, охватываемых молекулярной физикой, очень широк. К ним относятся строение вещества и его изменения под влиянием внешних факторов, явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость), фазовое равновесие и фазовые переходы (кристаллизация и плавление, испарение и конденсация и т.п.), поверхностные явления на границах раздела фаз.

молибде́н / molybdenum // Molybdän *n*: металл, элемент *периодической*

системы химических элементов (Mo, номер 42).

мóлния / lightning // Blitz m : сильный искровой *электрический* разряд между облаками или между облаком и землей.

моль / mole // Mol n : количество вещества в системе, содержащей столько же структурных элементов этого вещества, сколько атомов углерода содержится в макроскопическом образце углерода-12, масса которого 0,012 кг. Структурные элементы — атомы, молекулы, ионы, электроны и т.д. Обозначение: моль // mol. Число структурных элементов в 1 моле любого вещества равно *числу Авогадро*.

моля́рная ма́сса / molar mass // Molekularmasse f , molare Masse: масса вещества, количество которого равно 1 *молю*. Молярная масса равна произведению массы одной молекулы на *число Авогадро*.

моля́рная теплоёмкость / molar heat capacity // molare Wärmekapazität, Molwärme f : молярная теплоёмкость вещества есть количество теплоты, которое необходимо, чтобы повысить температуру 1 моля вещества на 1 градус при определенных условиях, например при постоянном объеме (C_V) или при постоянном давлении (C_p).

моля́рная теплотá плавлéния / molar heat of melting // molare Schmelzwärme: количество теплоты, необходимое для превращения 1 моля вещества из твердой фазы в жидкую.

момéнт / moment // Moment n : в *теории вероятностей*: момент k -го порядка *случайной величины* X определяется формулой $M_k(X) = M(X^k)$, т.е. он равен *математическому ожиданию* k -й степени случайной величины; центральным моментом k -го порядка называется число $M((X - MX)^k)$. В частности, момент 1-го порядка совпадает с математическим ожиданием, а центральный момент 2-го порядка — с *дисперсией* случайной величины.

момéнт врéмени, момент / instant, moment, instant of time, time // Moment m , Zeitpunkt m : точное время наступления какого-либо события.

момéнт ймпульса, угловой момент, кинетический момент, вращательный импульс / angular momentum, moment of momentum // Drehimpuls m : 1) В механике — момент импульса $\vec{L}$ частицы относительно некоторой точки (полюса) равен по определению векторному произведению радиус-вектора $\vec{r}$, проведенного к частице из полюса, и импульса $\vec{p} = m\vec{v}$ частицы в выбранной системе отсчета: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$. Скорость изменения момента импульса равна суммарному моменту всех сил, действующих на частицу. При движении частицы в центральном поле момент импульса $\vec{L}$ относительно силового центра сохраняется. Из сохранения направления $\vec{L}$ следует, что траектория — плоская кривая, из сохранения модуля $\vec{L}$ следует закон площадей: за равные промежутки времени радиус-вектор описывает равные

площади (второй закон Кеплера).

Момент импульса системы частиц равен векторной сумме моментов импульса отдельных частиц. Скорость изменения момента импульса системы равна суммарному моменту только внешних сил, действующих на частицы системы.

2) Элементарные частицы обладают собственным моментом импульса (*спином*), который имеет квантовую природу и не связан с орбитальным движением частицы. Спин элементарных частиц равен целому (для *бозонов*) или полуцелому (для *фермионов*) числу *постоянных Планка* $\hbar$. При движении электрона в поле ядра атома электрон обладает также орбитальным моментом импульса, который, согласно квантовой механике, может принимать только определенные дискретные значения. Полный момент импульса электронной оболочки атома складывается из спиновых и орбитальных моментов отдельных электронов.

момéнт инéрции / moment of inertia // Trägheitsmoment n : физическая величина, характеризующая распределение масс в теле и определяющая его *инертность* при вращательном движении вокруг некоторой оси, подобно тому, как масса определяет инертные свойства тела при поступательном движении. Моментом инерции материальной точки относительно некоторой оси называется произведение массы точки на квадрат её расстояния от оси. Момент инерции системы точек равен сумме моментов инерции отдельных точек. В случае протяженного тела можно мысленно разбить его на физически бесконечно малые элементы, и момент инерции тела относительно некоторой оси найти интегрированием моментов инерции отдельных элементов. Пример: момент инерции I однородного цилиндра (диска) относительно оси симметрии равен $\frac{1}{2}MR^2$, где M — масса цилиндра, R — радиус.

момéнт сýлы / moment of force, torque // Drehmoment n : физическая величина, характеризующая вращательное действие силы, приложенной к твердому телу, см. *крутящий момент*. Момент $\vec{N}$ силы $\vec{F}$ относительно некоторой точки (полюса) равен по определению векторному произведению радиуса-вектора $\vec{r}$, проведенного из полюса в точку приложения силы, и силы $\vec{F}$: $\vec{N} = \vec{r} \times \vec{F}$.

монéта / coin // Münze f : в *теории вероятностей* — модель, применяемая для испытаний с двумя равновероятными исходами.

монограф́ия / monograph // Monographie f : научная книга, посвящённая какой-нибудь одной проблеме или одной теме.

монодрóмия / monodromy // Monodromie f : понятие, связанное с изменением функции (или набора функций) при пробегании аргументом некоторого стандартного множества.

1) Для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\vec{x}' = A(t)\vec{x}, \quad t \in (-\infty, +\infty), \quad \vec{x} \in \mathbf{R}^n$$

с ω -периодической матрицей $A(t)$, матрица монодромии определяется как матрица M , связывающая значения фундаментальной матрицы $\Phi(t)$ в точке t и в точке $t + \omega$: $\Phi(t + \omega) = \Phi(t)M$.

2) Теорема монодромии: Если аналитическое продолжение некоторого элемента аналитической функции возможно по любому пути в односвязной области D , то в результате всевозможных продолжений возникает однозначная регулярная функция в D .

монокристалл / single crystal, monocrystal // Einkristall m : кристаллический образец, имеющий во всем объёме единую кристаллическую решетку. Многие монокристаллы имеют хорошо выраженную естественную огранку (см. также поликристалл).

монóm / monomial // Моном n : одночлен, одно из слагаемых в сумме; выражение, не содержащее знаков $+$ и $-$. *Бином*, или двучлен, состоит из двух мономов; *полином*, или *многочлен*, состоит из нескольких мономов.

мономолекулярный слой, монослой / monolayer, monomolecular layer // Monoschicht f , monomolekulare Schicht: слой вещества толщиной в одну молекулу на поверхности раздела фаз.

монотóнная последовательность / monotone, (or: monotonic) sequence // monotone Folge: *возрастающие последовательности* и *убывающие последовательности* называются монотонными последовательностями. Всякая *ограниченная* монотонная последовательность имеет конечный предел.

монотóнная фúнкция / monotone (or: monotonic) function // monotone Funktion: *возрастающие функции* и *убывающие функции* называются монотонными функциями. Все точки *разрыва* монотонной функции — 1-го рода.

монотóнно / monotone, monotonically // monoton: последовательность $\{x_n\}$ называется монотонно возрастающей (убывающей), если $x_{n+1} \geq x_n$ (соответственно, $x_{n+1} \leq x_n$) при $n = 1, 2, \dots$. Говорят, что функция $f(x)$ монотонно возрастает (убывает) на интервале (a, b) , если $f(x_2) \geq f(x_1)$ (соответственно, $f(x_2) \leq f(x_1)$) при $a < x_1 < x_2 < b$. Пример: функция x^2 монотонно убывает на интервале $(-\infty, 0)$ и монотонно возрастает на интервале $(0, +\infty)$.

монотóнность / monotony, monotonicity // Monotonie f : свойство последовательности или функции монотонно возрастать или убывать.

монохроматический / monochromatic, simple harmonic // monochrom: монохроматический процесс — волновой или колебательный процесс, состоящий

из одной гармонике, т.е. *гармоническое колебание* какой-нибудь определённой частоты, например, свет определённого цвета.

монохроматический свет / monochromatic light // monochromatisches Licht: свет (*электромагнитная волна*) одной определенной и строго постоянной частоты. Реальные процессы излучения света всегда ограничены во времени, поэтому представление о строго монохроматическом свете представляет собой идеализацию. Свет, излучаемый реальными источниками, обычно представляет собой наложение большого числа монохроматических волн со случайными частотами, амплитудами, фазами, поляризациями и направлениями распространения. Чем уже интервал частот излучения, тем ближе оно по своим свойствам к монохроматическому. Так, излучение, соответствующее отдельным *спектральным линиям* свободных атомов (например, атомов разреженных газов), очень близко к монохроматическому. Чрезвычайно высокая монохроматичность характерна для излучения некоторых типов *лазеров*.

монохроматор / monochromator // Monochromator *m*: *спектральный прибор* для выделения узких участков спектра *оптического излучения*.

море / sea // See *f*, Meer *n*: обширный природный бассейн с солёной водой, сообщающийся с океанами. Исключения: Каспийское море, Аральское море.

морфизм / morphism // Morphismus *m*: в алгебре — отображение *алгебраических систем*, сохраняющее алгебраическую структуру. См. также *категория*.

мост Уитстона / Wheatstone bridge // Wheatstone-Brücke *f*: измерительная цепь, используемая для измерения пассивных параметров электрической цепи (сопротивления, индуктивности, емкости) методом сравнения с эталоном.

мощность / power // Leistung *f*: в физике — величина, измеряемая отношением *работы* к промежутку времени, в течение которого она произведена. Мощность измеряется в *ваттах*.

мощность множества, кардинальное число / power, cardinal number // Mächtigkeit *f*, Kardinalzahl *f*: в теории *множеств* — введённое Кантором понятие, характеризующее в определённом смысле «количество» элементов множества. Мощность всякого конечного множества *A*, состоящего из *n* элементов, полагается равной *n*; это записывают в виде $\text{card } A = n$. Множество *M* всех подмножеств множества *A*, включая пустое множество и само множество *A*, состоит из 2^n элементов, поэтому $\text{card } M = 2^n$. Два множества *A* и *B* (конечные или бесконечные) называются эквивалентными, или равномошными, если между их элементами можно установить *взаимно однозначное соответствие*: $x \leftrightarrow y$, $x \in A$, $y \in B$; в этом случае пишут $\text{card } A = \text{card } B$. Для конечных множеств эквивалентность означает равенство числа их элементов. Примеры бесконечных эквивалентных множеств:

множество *натуральных чисел* $\mathbf{N}$ эквивалентно множеству *целых чисел* $\mathbf{Z}$, множество точек промежутка $(-1, 1)$ эквивалентно множеству всех *вещественных чисел* $\mathbf{R}$.

Если множество A эквивалентно части множества B , тогда как множество B не эквивалентно никакой части множества A , то говорят, что мощность множества B больше мощности множества A , и пишут $\text{card } B > \text{card } A$. Например, $\text{card } \mathbf{R} > \text{card } \mathbf{N}$.

Мощность бесконечного множества выражается одним из «трансфинитных» чисел. *Счётное множество* имеет наименьшую мощность из всех бесконечных множеств, эту мощность обозначают символом $\aleph_0$ (читается: алеф-нуль). Множество целых чисел, множество *рациональных чисел* имеют мощность $\aleph_0$. Мощность множества всех подмножеств счётного множества называется мощностью континуума и обозначается $\mathfrak{c} = 2^{\aleph_0}$. Мощность континуума имеют, например, следующие множества: множество вещественных чисел, множество точек отрезка $[0, 1]$, множество *иррациональных чисел*, множество точек *евклидова пространства*, множество *непрерывных функций* на заданном интервале. Теорема Кантора: Мощность множества всех подмножеств любого непустого множества A больше мощности множества A . Эта теорема дает возможность построить систему трансфинитных чисел. В множестве трансфинитных чисел вводятся правила действий, напоминающие правила действий с обычными («финитными») числами.

мультииндекс / multiindex // Multiindex m : для записи громоздких выражений, содержащих индексы, иногда употребляют сокращённые обозначения. Так, выражение для частной производной

$$\frac{\partial^{n_1+\dots+n_r} F(x_1, \dots, x_r)}{\partial x_1^{n_1} \dots \partial x_r^{n_r}}$$

можно коротко записать в виде $\frac{\partial^n F(\vec{x})}{\partial \vec{x}^{\vec{n}}}$, где $n = n_1 + \dots + n_r$, а символ $\vec{n}$, называемый мультииндексом, заменяет перечисление обычных индексов $n_1, \dots, n_r$.

мультипóль / multipole // Multipol m : система *электрических зарядов*, обладающая определенной симметрией. Мультиполь нулевого порядка — заряд; мультиполь первого порядка — *диполь* (два разноименных одинаковых по величине заряда), мультиполь второго порядка — *квадруполь*, третьего порядка — октуполь и т.д. Напряженность электрического поля, создаваемого мультиполем порядка n , убывает с расстоянием как $1/r^{n+2}$.

мюóны, мю-мезоны / muons, mu mesons // Myonen pl , my-Mesonen pl : относящиеся к классу *лептонов* нестабильные заряженные элементарные частицы со спином $\frac{1}{2}$, временем жизни $2,2 \cdot 10^{-6}$ с и массой, приблизительно в 207 раз превышающей массу электрона.

мы́сленный / mental // mental: существующий не в реальном мире, а в мыслях, в воображении.

мя́гкий / soft, mild // weich, sanft: легко деформируемый (в отличие от *твёрдого*).

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Н

на́бла / nabra // Nabla $m: \nabla$, обозначение *гамильтониана* (2) (оператора Гамильтона).

наблюда́емая, наблюдаемая величина / observable // Observable f , beobachtbare Größe: в квантовой механике наблюдаемыми называют физические величины, значения которых могут быть получены в результате тех или иных измерений. Каждой наблюдаемой (координате, импульсу, моменту импульса, энергии и т.д.) ставится в соответствие линейный *самосопряжённый* (эрмитов) *оператор*. Собственные значения этого оператора интерпретируются как возможные значения физической величины, получающиеся при измерениях. Если вектор состояния является собственным вектором оператора некоторой наблюдаемой, то в данном состоянии эта наблюдаемая имеет определенное значение. Если вектор состояния представляет собой суперпозицию собственных векторов оператора наблюдаемой, то её среднее значение (математическое ожидание) можно найти как диагональный матричный элемент соответствующего оператора.

наблюдéние / observation // Beobachtung f : получение и накопление текущей информации о рассматриваемом явлении.

набо́р / set, collection, system // Menge f : (конечное) множество, система, совокупность. «Упорядоченный набор» (кортеж, серия) / tuple // Tupel n . «Упорядоченный набор, состоящий из m чисел $(x_1, \dots, x_m)$ » / m -tuple $(x_1, \dots, x_m)$ // m -Tupel $(x_1, \dots, x_m)$.

наведённый заряд, индуцированный заряд / induced charge // Influenzladung f , influenzierte Ladung: электрический заряд в проводниках или диэлектриках, появляющийся при их помещении в постоянное электрическое поле. В проводниках под действием внешнего поля свободные электроны перемещаются до тех пор, пока собравшиеся на поверхности избыточные заряды не скомпенсируют полностью внешнее поле, так что суммарное поле в проводнике (внешнее и создаваемое наведёнными на поверхности проводника зарядами) становится равным нулю. В результате на отдельных участках поверхности проводника (в целом нейтрального) появляются

равные по величине и противоположные по знаку наведённые заряды.

Диэлектрики в постоянном электрическом поле поляризуются: либо происходит небольшое смещение зарядов в атомах или молекулах, так что у них возникают индуцированные дипольные моменты, направленные по внешнему полю, либо происходит ориентация молекул, обладающих собственным постоянным дипольным моментом. В результате у диэлектрика появляется дипольный момент, который порождает электрическое поле, направленное внутри диэлектрика против внешнего поля и ослабляющее его. Создаваемое дипольным моментом поляризованного диэлектрика электрическое поле можно представить как поле некоторых эффективных наведённых зарядов («связанных зарядов»), распределённых по поверхности диэлектрика.

наведённый ток, индуцированный ток / induced current // induziert-er Strom: электрический ток, возбуждаемый в результате явления *электромагнитной индукции*.

нагревание / heating // Heizen n , Heizung f , Erwärmung f : повышение температуры тела.

нагру́зка / load, loading [процесс] // Belastung f , Last f : тяжесть, груз, усилие, прилагаемое к рассматриваемому объекту.

надёжность / reliability, dependability // Zuverlässigkeit f : прочность, устойчивость; несомненная истинность (результатов).

назв́ание / name, notation // Name m , Benennung f : обозначение, имя, заголовок. «Название книги» / the title of the book // der Titel des Buches.

наибольший общий делитель [сокр: НОД] / greatest common divisor [сокр: G.C.D.] // größter gemeinsamer Teiler [сокр: g.g.T.]: общий делитель *натуральных чисел* m и n — натуральное число k , на которое делятся нацело числа m и n . Самый большой из общих делителей называется наибольшим общим делителем. Для нахождения НОД можно разложить числа m и n на простые множители и составить НОД как произведение всех простых множителей, общих для данных чисел. Например, $600 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5$, $3780 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7$, НОД = $2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 = 60$. *Алгоритм Евклида* позволяет находить НОД, не разлагая числа на множители.

наибыстрейший / the fastest // der schnellste: самый быстрый. «Наибыстрейший спуск» / steepest descent // der steilste Abstieg. См. также *метод перевала*.

наилу́чшее равнове́рное приближе́ние / best uniform approximation // gleichmäßige Bestapproximation: пусть на отрезке $[a, b]$ задана *непрерывная функция* $f(x)$. Функция $\tilde{f}(x)$ называется равномерным *приближением функции* $f(x)$ на отрезке $[a, b]$, если разность между данной и приближающей функциями равномерно мала, т.е. $\|f(x) - \tilde{f}(x)\|_C < \epsilon$, где $\|h\|_C = \max_{a \leq x \leq b} |h(x)|$.

Пусть A — некоторый класс приближающих функций, например, класс *полиномов* степени не выше n . Функция $f_*(x) \in A$ называется наилучшим равномерным приближением в классе A для функции $f(x)$, если $\|f - f_*\|_C = \inf_{\tilde{f} \in A} \|f - \tilde{f}\|_C$. Это означает, что погрешность приближения $f(x) \approx f_*(x)$ наименьшая по сравнению с приближением другими функциями из класса A . О наилучшем равномерном приближении полиномами см. *чебышевский альтернанс*.

наимéньшее óбщее крáтное [сокp: НОК] / the least common multiple [сокp: L.C.M.] // das kleinste gemeinsame Vielfache [сокp: k.g.V.]: общее кратное двух *натуральных чисел* m и n — натуральное число k , которое делится нацело на числа m и n . Наименьшее из всех общих кратных называется наименьшим общим кратным. Для нахождения НОК можно разложить числа m и n на простые множители и составить НОК как произведение наибольших степеней этих множителей. Например, $324 = 2^2 \cdot 3^4$, $180 = 2^2 \cdot 3^2 \cdot 5$, $\text{НОК} = 2^2 \cdot 3^4 \cdot 5 = 1620$.

нака́чка / rumping // Pumpen n : в *квантовой электронике* — процесс создания неравновесного состояния вещества с *инверсией населённости*, т.е. создание активной среды, необходимой для усиления и генерации (см. *лазер*) когерентного электромагнитного излучения. Для накачки могут быть использованы самые разные физические процессы.

наклóн / inclination, slope // Steigung f , Neigung f : отклонение от горизонтали.

наклóнная пряма́я / oblique line, slanting line // geneigte Gerade: прямая линия, пересекающая плоскость не под прямым углом.

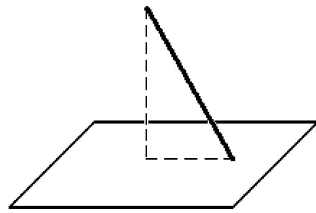


Рис. 112: Наклонная

накопи́тель сумм / sum accumulator // Summenspeicher m : в компьютере — сумматор, суммирующее устройство.

на́крест лежа́щие углы́ / alternate angles, opposite angles // Wechselwinkel pl : «Внутренние накрест лежащие углы» / interior alternate angles // innere Wechselwinkel — некоторые пары углов на плоскости, образованных при пересечении двух прямых третьей прямой (рис. 2). См. также *угол*.

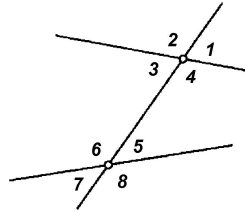


Рис. 113: Внутренние накрест лежащие углы: 3 и 5, 4 и 6

накрýтие / covering // Überlagerung f , Überdeckung f : пусть X и Y — топологические пространства, и P — отображение X в Y такое, что у каждой точки $y \in Y$ имеется некоторая окрестность $U(y)$, прообраз которой распадается на открытые подмножества, гомеоморфно отображающиеся на $U(y)$ посредством P . Тогда отображение P называется накрытием пространства Y . Примеры: для окружности $\xi^2 + \eta^2 = 1$ параметризация $\xi = \cos \phi$, $\eta = \sin \phi$ задаёт накрытие окружности прямой линией $\phi \in (-\infty, +\infty)$; аналогично, *тор* накрывается плоскостью.

намагниченность / magnetization // Magnetisierung f : характеристика магнитного состояния макроскопического образца. В случае однородно намагниченного тела намагниченность $\vec{J}$ определяется как *магнитный момент* единицы объема. Намагниченность образца зависит от внешнего магнитного поля, магнитных свойств вещества (см. *диамагнетизм*, *парамагнетизм*) и температуры. У *ферромагнетиков* зависимость $\vec{J}$ от напряженности внешнего магнитного поля $\vec{H}$ выражается кривой намагниченности (см. также *гистерезис*).

наномётр / nanometer // Nanometer m : 1/1000 часть *микромётра*. Устаревшее название: миллимикрон. Обозначение: 1 нм / 1 nm // 1 nm. В 1 м содержится 10^9 нм; 1 нм = 10^{-9} м.

наперёд заданный / preassigned // vorgegeben: заранее взятый, т.е. предварительно выбранный и фиксированный, см. *предел*.

напóр / head, pressure // Druckhöhe f , Staudruck m : давление. «Гидростатический напор» / hydrostatic thrust, hydrostatic pressure force, hydrostatic head // Staudruck m /// «Гидродинамический напор» / impact of a stream, hydrodynamic thrust // hydrodynamische Druckkraft.

направлénие / direction // Richtung f : в геометрии — две (несовпадающие) точки A и B в пространстве задают направление от A к B , если точка A считается первой, а точка B — второй.

направляющая / directrix // Leitkurve f : в геометрии — линия, задающая форму *цилиндрической поверхности* или *конической поверхности*.

направляющий косинус / direction cosine // Richtungskosinus m :

в геометрии — *косинус* одного из углов, которые данная прямая линия образует с *осями координат*.

напряжéние 1) stress, tension // Spannung f , mechanische Spannung: механическое напряжение — мера внутренних сил, возникающих при деформации материала (усилие, натяжение); 2) voltage // Spannung f : электрическое напряжение между двумя точками — то же, что разность потенциалов между ними; измеряется работой, совершаемой силами электрического поля при перемещении единичного заряда между точками.

напряжённость / strength, intensity // Stärke f , Intensität f : в физике: напряжённость *электрического поля* (electric field strength, electric intensity // elektrische Feldstärke) — векторная величина $\vec{E}$, являющаяся основной количественной характеристикой электрического поля; определяется отношением силы, действующей со стороны электрического поля на заряд, к величине этого заряда. Напряжённость *магнитного поля* (magnetic field strength // magnetische Feldstärke, Magnetfeldstärke f) — векторная величина $\vec{H}$, являющаяся количественной характеристикой магнитного поля; не зависит от магнитных свойств среды.

нарастáние / increase, growth, rise // Anwachsen n , Zunehmen n , Vergrößerung f , Vermehrung f : увеличение, рост, наращивание.

нару́жный / external, exterior // Außen=: с *наружной стороны*.

нарушéние симмётрии / symmetry breaking // Symmetriebrechung f : самопроизвольный переход физической системы в состояние с более низкой симметрией, происходящий из-за того, что при таком переходе энергия системы понижается.

населéние / population, people // Bevölkerung f : множество людей, проживающих на рассматриваемой части Земли (население города, страны, земного шара).

насóс / pump // Pumpe f : устройство для целенаправленного перемещения жидкостей или газов; вакуумный насос — устройство для удаления газов и паров из замкнутого объема с целью понижения давления в нем и получения вакуума.

наступлéние собы́тия / occurrence of an event // Eintritt des Ereignisses: в *теории вероятностей* — термин, применяемый для обозначения положительного результата *испытания*.

насыщéние / saturation // Sättigung f : в химии и физике — доведение концентрации раствора до максимальной; также — максимальная концентрация раствора; магнитное насыщение — состояние *ферромагнетика* или *парамагнетика*, в котором его *намагниченность* имеет предельное значение, не меняющееся при дальнейшем увеличении напряжённости намагничивающего магнитного поля; насыщение перехода (в *квантовой электронике*) — состояние квантовой

системы, в котором выравниваются населённости верхнего и нижнего энергетических уровней.

насы́щенный пар / saturated vapor // gesättigter Dampf: пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью (или твердым телом) того же химического состава. Жидкость и пар находятся в динамическом равновесии, когда число молекул, переходящих из жидкости в пар, равно числу молекул, переходящих из пара в жидкость за то же время.

натáлкиваться / collide, impinge // sich stoßen (an, Dat): ударяться, налетать, встречаться с чем-либо.

на́трий / sodium // Natrium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Na, номер 11)

натурáльные ч́исла / positive integers, natural numbers // natürliche Zahlen *pl*: числа 1, 2, 3, ... Натуральных чисел бесконечно много. Множество натуральных чисел обозначается **N**; это множество *счётное*, оно имеет *мощность* $\aleph_0$. Сумма $m + n$ и произведение $m \cdot n$ натуральных чисел m и n — натуральные числа. Разность $m - n$ является натуральным числом, если $m > n$. Если существует число $k \in \mathbf{N}$ такое, что $k \cdot n = m$, то говорят, что m делится на n ; в этом случае m называется делимым, n делителем, k частным. См. также *деление с остатком*.

натурáльный логариф́м / natural [or: Napierian] logarithm // natürlicher [oder: Napierscher] Logarithmus: см. *логарифм*.

натяже́ние / tension // Spannen *n*, Spannung *f*, Zugspannung *f*: сила, растягивающая какое-либо упругое тело, например, *струну* или *мембрану*. См. также *поверхностное натяжение*.

наугáд / at random, by guess // blindlings, aufs Geratewohl, auf gut Glück: случайным образом, «вслепую», не давая предпочтения какой-либо из имеющихся возможностей.

нау́ка / science, knowledge // Wissenschaft *f*: а) область человеческой деятельности, цель которой — выработка и систематизация объективных знаний о действительности; б) обозначение отдельных отраслей научного знания. Науки условно подразделяются на естественные, общественные, гуманитарные и технические.

нау́чно-иссле́довательский / research // Forschungs=: научно-исследовательский институт [сокр: НИИ] — подразделение, занимающееся исследованиями в соответствующей науке. Состоит обычно из отделов, лабораторий, групп, изучающих проблемы в отдельных областях данной науки.

нау́чный / scientific // wissenschaftlich: применяемый в науке или основанный на достижениях науки; связанный с наукой. «Научный работник» — см. *учёный*.

на́цело / without a remainder // ohne Rest: деление нацело — деление без остатка. Пусть a и b — *целые числа*. Если существует целое число

с такое, что $a = b \cdot c$, то говорят, что a делится на b нацело, или без остатка. Пусть $P(x)$ и $Q(x)$ — *многочлены*. Если существует многочлен $R(x)$ такой, что $P(x) = Q(x) \cdot R(x)$, то говорят, что $P(x)$ делится на $Q(x)$ нацело, или без остатка.

нача́ло / beginning, origin, start // Anfang m , Beginn m : для промежутка времени: начало — момент, от которого отсчитывается время; для процесса, развивающегося во времени, начало — момент, после которого начинают происходить какие-то изменения; начало *вектора* $\overrightarrow{AB}$ — точка A . «Начало координат» / origin, origin of coordinates // Ursprung m /// «начало таблицы» / initial tabular value // Anfangszahl in einer Tabelle /// «с самого начала» / from the very beginning // ganz von Anfang an.

нача́льная то́чка / starting point, initial point // Anfangspunkt m : пусть в трёхмерном пространстве *ориентированная* кривая задана уравнением $\vec{r} = \vec{r}(t)$, где $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ — *радиус-вектор* точки $M(x, y, z)$, t — параметр, $t_0 \leq t \leq t_1$. Начальная точка кривой — это точка $M_0(x_0, y_0, z_0)$, где $\vec{r}(t_0) = x_0\vec{i} + y_0\vec{j} + z_0\vec{k}$.

нача́льно-краева́я зада́ча / initial-boundary value problem // Anfangs-Randwertproblem n : для дифференциального *уравнения с частными производными*, где одна из независимых переменных — время, начально-краевая (или «смешанная») задача состоит в отыскании решения уравнения, удовлетворяющего начальным и краевым условиям. Например, для *уравнения колебаний струны* $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ начально-краевая задача на отрезке $x \in [a, b]$ при $t \geq 0$ может быть поставлена при начальных условиях $u|_{t=0} = f(x)$, $\frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = g(x)$ и краевых условиях $u(a, t) = A(t)$, $u(b, t) = B(t)$, где $u(x, t)$ — искомое решение, $f(x)$, $g(x)$, $A(t)$, $B(t)$ — заданные функции.

начертáтельная геомéтрия / descriptive geometry // darstellende Geometrie: раздел геометрии, посвящённый правилам построения проекций пространственных фигур на плоскость.

неассоциативный / nonassociative // nichtassoziativ: не обладающий свойством *ассоциативности*.

небе́сная меха́ника / celestial mechanics // Himmelsmechanik f : наука о движении небесных тел. Изучает поступательные, вращательные, деформационные движения естественных и искусственных небесных тел под действием сил гравитационного взаимодействия, воздействия среды, электромагнитных сил, сил светового давления и др.

небе́сная сфе́ра / celestial sphere // Himmelsgewölbe n : воображаемая сфера произвольно большого радиуса с центром в центре Земли. Понятие небесной сферы возникло в связи с тем, что при наблюдении с Земли ночного неба доступная глазу часть мирового пространства представляется в виде чрезвычайно отдалённой полусферы, на которой находятся небесные

светила.

неблагоприятный исход / unfavourable event // ungünstiges Ereignis: в *теории вероятностей* — результат *испытания*, при котором обсуждаемое случайное событие не появилось.

не́бо / sky // Himmel *m*: видимый небосвод.

невёрный / false, incorrect, wrong // falsch, unrichtig, inkorrekt: ошибочный.

невесомость / weightlessness, zero gravity // Schwerelosigkeit *f*: состояние механической системы, при котором внешнее для системы поле гравитации не вызывает давления частей системы друг на друга. Невесомость наблюдается, например, внутри капсулы при ее свободном падении, а также внутри космических станций и кораблей при их движении в космосе с отключёнными двигателями.

невещественный / non-real // nichtreel: имеющий мнимую часть, не равную нулю, см. *комплексное число*.

невидимый / invisible // unsichtbar: не воспринимаемый глазом.

невозможно / impossible // unmöglich: неосуществимо.

невозмущённый / unperturbed, nonperturbed // ungestört: невозмущённое состояние системы (в *теории возмущений*) — исходное состояние системы, при котором возмущение отсутствует. Например, дифференциальное уравнение $y''(t) + \omega^2 y(t) + \epsilon F(t, y(t)) = 0$ при малых ϵ описывает возмущённые колебания, близкие к гармоническим колебаниям, которые описываются невозмущённым уравнением $y''(t) + \omega^2 y(t) = 0$.

невозрастающий / nonincreasing // nichtwachsend: невозрастающая числовая *последовательность* $x_1, x_2, x_3, \dots$ характеризуется свойством: $x_{n+1} \leq x_n$ при всех $n = 1, 2, 3, \dots$. Невозрастающая функция $f(t)$ характеризуется свойством: $f(t_2) \leq f(t_1)$ для любых t_2, t_1 из области определения функции, таких что $t_2 > t_1$.

невырожденный / nondegenerate, regular, nonsingular // nichtsingulär, nichtausgeartet, regulär: неособый, несингулярный.

невырожденная матрица / nonsingular matrix, invertible matrix // nichtsinguläre Matrix, invertierbare Matrix: квадратная *матрица*, определитель которой не равен нулю. Невырожденная матрица обратима, то есть существует её *обратная матрица*.

невязка / residual, discrepancy // Restfehler *pl*: пусть $\tilde{x}$ — приближённое решение уравнения $F(x) = 0$, тогда величина $\delta = F(\tilde{x})$ называется невязкой приближённого решения. Погрешность Δ приближённого решения (т.е. разность между $\tilde{x}$ и точным решением x) обычно оценивают, пользуясь невязкой.

неголономная система / nonholonomic system // nichtholonomes System: механическая система, на которую, помимо ограничивающих движение геометрических связей, наложены еще и кинематические связи,

не сводимые к геометрическим. Примером неголономной системы может служить шар, катящийся без проскальзывания по плоскости. При этом налагается связь не только на положение центра шара (геометрическая связь), но и на скорость точки его касания с плоскостью, которая в любой момент времени должна быть равна нулю (кинематическая связь, не сводимая к геометрической).

неделимый / indivisible // unteilbar: такой, что его нельзя разделить на части.

недетерминистический / nondeterministic // nichtdeterministisch: статистический, вероятностный — в отличие от *детерминированного*.

недиагональный элемент / non-diagonal element // Nichtdiagonalelement n : элемент *матрицы*, стоящий не на главной диагонали: $a_{i,k}$ при $i \neq k$.

недифференцируемый / non-differentiable // nichtdifferenzierbar: не имеющий *производной*. Например, функция $\sqrt[3]{x}$ недифференцируема при $x = 0$.

недоказанный / unproved // unbewiesen: не имеющий доказательства (на данный момент).

недостаток 1) lack, shortage, deficiency // Mangel m : нехватка, отсутствие достаточного количества чего-либо; 2) defect, fault, demerit // Fehler m , Nachteil m : дефект, плохое качество, ошибка; невыгодная сторона. При приближённом представлении чисел: «приближение с недостатком» (approximate value by defect // Näherungswert mit negativem Fehler) означает приближённое значение x_* числа x , меньшее, чем само число x , т.е. $x_* \approx x$, $x_* < x$. См. также *избыток*.

неевклидова геометрия / non-Euclidean geometry // nicht-Euklidische Geometrie: геометрия, система аксиом которой не совпадает с евклидовой системой аксиом, в частности, отсутствует *пятый постулат Евклида*. Первую неевклидову геометрию опубликовал в 1829 г. *Лобачевский*; почти в то же время (1832) другую возможную неевклидову геометрию разработал венгерский математик Бойяи (Janos Bolyai, 1802–1860). См. также *риманова геометрия*.

неединственность / non-uniqueness // Nichteindeutigkeit f : неединственность решения задачи — наличие двух или больше решений. Например, *дифференциальное уравнение* $y''(x) + y(x) = 0$ имеет при граничных условиях $y(0) = y(1) = 0$ единственное решение $y(x) \equiv 0$, а при граничных условиях $y(0) = y(\pi) = 0$ бесконечно много решений: $y(x) = C \sin x$, где C — любая постоянная.

независимость / independence // Unabhängigkeit f : отсутствие *зависимости*.

независимый / independent // unabhängig: «независимая переменная» / independent variable // unabhängige Variable /// «независимый [или: не зависящий] от x » / independent of x // unabhängig von x .

незатухающие колебания / continuous oscillation, undamped oscillation // ungedämpfte Schwingungen, kontinuierliche Schwingungen: колебания, амплитуда которых не уменьшается с течением времени.

незачем / there is no need, it is useless // (es ist) zwecklos, unnütz, nutzlos: без надобности, бесполезно, зря.

неизвестное / unknown // Unbekannte f : величина, значение которой требуется найти: «система уравнений с неизвестными x, y, z ».

неизменный / invariable, fixed, constant // unveränderlich: постоянный.

неизмеримый / non-measurable // nichtmessbar: не имеющий *меры*.

неинерциальная система отсчёта / noninertial frame of reference, noninertial frame // nichtinertes Bezugssystem, nichtinertiales Koordinatensystem: система отсчета, движущаяся с ускорением либо вращающаяся по отношению к *инерциальной системе отсчета*.

неисправность / fault, failure, disrepair // Defekt m : ошибка, дефект (о приборе или механизме).

Нейман 1) см. *фон Нейман*.

Нейман 2) (Karl Gottfried Neumann, 1832–1925): немецкий математик. Труды по математической физике и теории функций. См. *задача Неймана* и *функция Неймана*.

нейтральный / neutral // neutral: объект, нейтральный по отношению к какому-нибудь двузначному признаку, т.е. объект, не имеющий ни того, ни другого знака. Частица электрически нейтральна, если она не имеет ни положительного, ни отрицательного заряда (например, *нейтрон*); химическое соединение нейтрально, если оно не проявляет свойств кислоты и основания (например, поваренная соль). В *теории групп* термин «нейтральный элемент» употребляется как синоним термина «единичный элемент».

нейтрино / neutrino // Neutrino n : легкая (возможно, с нулевой массой) электрически нейтральная частица со спином $\frac{1}{2}$ (в единицах постоянной Планка $\hbar$), участвующая только в слабом и гравитационном взаимодействиях. Представление о нейтрино введено в 1930 г. швейцарским физиком В. Паули (Wolfgang Ernst Pauli, 1900–1958) с целью объяснить наблюдаемый на опыте непрерывный энергетический спектр электронов при бета-распаде. Название «нейтрино» (итальянское «нейтрончик», уменьшительное от *нейтрона*) было предложено итальянским физиком Э. Ферми, создавшим в 1934 г. последовательную теорию бета-распада.

Нейтрино принадлежит к классу *лептонов*, а по статистическим свойствам относится к *фермионам*. Отличительное свойство нейтрино, определяющее его исключительную роль в природе — огромная проникающая способность. Нейтрино, возможно, столь же распространены в природе, как и фотоны. Они испускаются при превращениях атомных ядер, при распадах элементарных частиц. Такие процессы происходят в недрах Земли и в атмосфере, внутри

Солнца и в звездах. В лабораторных условиях интенсивными источниками *антинейтрино* низких энергий являются ядерные реакторы.

нейтрон / neutron // Neutron *n*: электрически нейтральная элементарная частица со спином $\frac{1}{2}$ (в единицах постоянной Планка $\hbar$) и массой, немного превышающей массу *протона*. Нейтрон относится к классу *адронов* и входит в группу *барионов*. Из нуклонов — нейтронов и протонов — построены ядра всех атомов. Нейтрон открыт в 1932 г. английским физиком Дж. Чедвиком (James Chadwick, 1891–1974). Нейтроны устойчивы только в составе стабильных атомных ядер. Свободный нейтрон претерпевает *бета-распад* со средним временем жизни 15,3 мин., превращаясь в протон, электрон и антинейтрино. В веществе свободные нейтроны могут существовать совсем недолго (сотни мкс) вследствие их сильного поглощения атомными ядрами. Нейтроны играют важную роль в ядерной энергетике, где с их помощью осуществляются *цепные ядерные реакции*.

нейтронные звёзды / neutron stars // Neutronensterne *pl*: наиболее плотные (с плотностью вещества порядка плотности атомных ядер) гидростатически равновесные звезды, состоящие из нейтронов с малой примесью электронов и протонов. Гидростатическое равновесие нейтронных звезд обеспечивается давлением *вырожденного газа* нейтронов. Нейтронные звезды были открыты в 1967 г. в виде *пульсаров*. Периодичность радиоизлучения пульсаров объясняется быстрым осевым вращением нейтронных звезд. Нейтронные звезды возникают как результат гравитационного коллапса в процессе эволюции звезд достаточно большой массы (немного превосходящей массу Солнца).

некогерентное излучение / noncoherent radiation // nichtkohärente Strahlung: электромагнитное излучение, представляющее собой наложение большого числа волновых цугов (отрезков синусоид) со случайными амплитудами и фазами («световой шум»). См. также *когерентное излучение*.

неколлинеарные векторы / noncollinear vectors // nichtkollineare Vektoren: векторы, не лежащие на одной прямой или на параллельных прямых. Угол между двумя неколлинеарными векторами не равен 0 или 180 градусов.

некоммутативный / noncommutative // nichtkommutativ: не обладающий свойством *коммутативности*.

некомпактный / noncompact // nichtkompakt: не обладающий свойством *компактности*.

некомпланарные векторы / noncoplanar vectors // nichtkomplanare Vektoren: три вектора, не лежащие в одной плоскости или в параллельных плоскостях.

некорректно поставленная задача / incorrectly posed problem, ill-posed problem // unsachgemäßes Problem, inkorrekt gestelltes Problem:

задача, не обладающая хотя бы одним из условий корректности, см. *корректно поставленная задача*. Разработаны методы построения приближённых решений таких задач.

некоррелированный / uncorrelated // unkorreliert: некоррелированные *случайные величины* — случайные величины, *коэффициент корреляции* которых равен нулю.

нелинейная оптика / nonlinear optics // nichtlineare Optik: раздел оптики, охватывающий исследования распространения мощных световых пучков в твердых телах, жидкостях и газах в условиях, когда сильное электромагнитное поле световой волны изменяет оптические характеристики среды (*показатель преломления, коэффициент поглощения*), и они становятся функциями напряженности электрического поля $\vec{E}$ световой волны. В сильных световых полях поляризованность среды $\vec{P}$ (дипольный момент единицы объема) нелинейно зависит от $\vec{E}$.

Начало современного этапа развития нелинейной оптики (1961 г.) связано с созданием *лазеров* — источников *когерентного излучения* большой мощности. С помощью импульсных лазеров можно получать интенсивности света до 10^{16} Вт/см² и более, когда напряженность поля волны сравнима и даже превышает внутриатомные поля. В таких сильных полях возникают новые оптические эффекты и существенно изменяется характер известных ранее явлений.

В 1961 г. был открыт эффект удвоения частоты света в кристаллах — генерация второй гармоники, а в 1962 г. — генерация третьей гармоники. В 1963 г. было открыто и объяснено явление вынужденного комбинационного рассеяния света, в 1965 г. — самофокусировка и самоканализация света, когда мощный световой пучок распространяется в среде без обычной (дифракционной) расходимости. В 1965 г. были созданы параметрические генераторы света, плавно перестраиваемые по частоте в широком диапазоне длин волн. С 1969 г. развиваются методы нелинейной и активной спектроскопии.

нелинейные колебания / nonlinear oscillation // nichtlineare Schwingungen: колебания в *нелинейных системах*.

нелинейные системы / nonlinear systems // nichtlineare Systeme: колебательные системы, свойства которых зависят от происходящих в них процессов. Колебания таких систем описываются нелинейными *дифференциальными уравнениями*. Примерами нелинейных систем могут служить механические системы, где модули упругости тел зависят от их деформаций (нелинейность связи между напряжениями и деформациями) или коэффициенты трения зависят от относительных скоростей тел; электрические системы, содержащие конденсаторы с сегнетоэлектриками, проницаемость которых зависит от напряженности электрического поля, или катушки индуктивности с ферромагнитными

сердечниками и т.п. В нелинейных системах нарушается принцип суперпозиции. Все реальные физические системы нелинейны; линейные системы представляют собой идеализацию свойств реальных систем, пригодную для описания их поведения лишь в определенных условиях (при малых отклонениях от равновесия).

нелинейный / nonlinear // nichtlinear: не обладающий свойством линейности. Например, уравнение колебаний математического маятника является нелинейным, а соответствующее упрощенное уравнение, справедливое для малых колебаний, — линейное.

немой индекс / dummy index, umbral index // Summationsindex m : индекс суммирования, например, k в сумме вида $\sum_k a_{ik} b_{kl}$ (*). В тензорном исчислении знак суммы принято опускать, при этом по повторяющемуся в произведении индексу подразумевается суммирование, например, вместо суммы (*) пишут $a_{ik} b_{kl}$.

немонотонный / nonmonotone // nicht monoton: не имеющий свойства монотонности. Пример немонотонной функции: $\sin x$.

ненормальный / abnormal // nichtnormal: необычный или недопустимый, например, ненормальный рост температуры внутри кабины спускаемого космического аппарата.

ненулевой / non-zero, non-vanishing // ungleich Null, von Null verschieden: а) ненулевой вектор — *вектор*, у которого хотя бы одна компонента не равна нулю; б) ненулевое, или нетривиальное, решение дифференциального уравнения — решение, не равное тождественно нулю, например, решение $\sin x$ уравнения $y''(x) + y(x) = 0$.

необратимый / non-invertible // nichtinvertierbar: в математике: необратимый оператор — *оператор*, не имеющий обратного. Необратимая матрица — матрица, для которой не существует обратной ей матрицы. Квадратная вырожденная матрица необратима.

необратимые процессы / irreversible processes // irreversible Prozesse: физические процессы, которые могут самопроизвольно протекать только в одном направлении. К ним относятся *диффузия*, *теплопроводность*, *вязкое течение* и др. процессы, в которых происходит направленный перенос вещества, теплоты, импульса. Все необратимые процессы являются *неравновесными процессами*. В замкнутых системах необратимые процессы (процессы *релаксации*) сопровождаются возрастанием *энтропии*. См. также *второе начало термодинамики*.

необходимо / necessary // notwendig: обязательно; то, без чего обсуждаемое (событие, действие, результат) невозможно.

необходимое условие / necessary condition // notwendige Bedingung: в условном предложении «Если A истинно, то и B истинно», связывающем высказывания A и B , истинность B является необходимым условием,

или следствием, истинности A , а истинность A — достаточным условием истинности B . Равносильное условное предложение: «Если B ложно, то и A ложно». Пример — *теорема Ферма*: «Если дифференцируемая функция $f(x)$ имеет в точке x_0 экстремум, то $f'(x_0) = 0$ ». Здесь обращение производной в нуль является необходимым условием экстремума. См. также *достаточное условие*.

необходи́мо и доста́точно / necessary and sufficient // notwendig und hinreichend: словосочетание, применяемое при словесной записи *высказываний*, содержащих логический знак $\Longleftrightarrow$ (*равносильно*). Пример: «Для того, чтобы $8a = 8b$, необходимо и достаточно, чтобы $a = b$ ». В краткой записи: $8a = 8b \Longleftrightarrow a = b$.

необходи́мость / necessity // Notwendigkeit f : обязательность, т.е. условие, без выполнения которого обсуждаемое (событие, действие, результат) невозможно. См. *необходимо*.

неограни́ченный / unbounded, unlimited, unrestricted // unbegrenzt, unbeschränkt: не имеющий ограничения. В геометрии: неограниченная область — *область*, содержащая точки, сколь угодно далёкие от фиксированной точки. В *теории операторов*: оператор называется неограниченным, если существует ограниченное множество, которое этот оператор переводит в неограниченное множество, например, оператор дифференцирования $\frac{d}{dx}$ в пространстве $C[-\pi, \pi]$ непрерывных функций с нормой $\|f(x)\| = \max_{a \leq x \leq b} |f(x)|$ переводит ограниченную последовательность $\{\sin nx\}$ в неограниченную $\{n \cos nx\}$.

неоднозна́чная фу́нкция: то же, что *многозначная функция*.

неодноро́дная краевая́ зада́ча / non-homogeneous boundary value problem // inhomogenes Grenzwertproblem: для *линейного дифференциального уравнения* — задача с ненулевыми краевыми условиями. Например, для уравнения $y'' + q(x)y = 0$ на промежутке $[a, b]$ — с условиями $y(a) = A$, $y(b) = B$; для *уравнения Лапласа* в круге $x^2 + y^2 \leq a^2$ — с условием $u|_{x^2+y^2=a^2} = f(x, y)$.

неодноро́дная среда́ / inhomogeneous medium // inhomogenes Medium: в физике — среда, свойства которой различны в различных точках.

неодноро́дность / inhomogeneity // Inhomogenität f : различие свойств в различных точках.

нео́н / неон // Neon n : *инертный газ*, элемент *периодической системы химических элементов* (Ne, номер 10).

неопределе́нность / indeterminacy, indeterminate form, uncertainty // Unbestimmtheit f , unbestimmter Ausdruck: в математике — выражение вида $\frac{f(x)}{g(x)}$, где $\lim f(x) = \lim g(x) = 0$ или $\lim f(x) = \lim g(x) = \infty$. Неопределённостями являются также выражения $f(x)g(x)$, где $\lim f(x) =$

0, $\lim g(x) = \infty$, а также $f(x)^{g(x)}$, где $\lim f(x) = 1$, $\lim g(x) = \infty$ или $\lim f(x) = \lim g(x) = 0$. Для вычисления пределов таких выражений («для раскрытия неопределённостей») обычно применяют *правило Лопиталя*. В квантовой механике: неопределённость (uncertainty // Unschärfe f , Unbestimmtheit f) — неточность в одновременном определении координаты и импульса частицы, см. *Гейзенберг*.

неопределённый интеграл / indefinite integral // unbestimmtes Integral: семейство всех *первообразных* данной функции. Обозначение: $\int f(x) dx$. Пусть $F(x)$ — какая-нибудь из первообразных функции $f(x)$, тогда $\int f(x) dx = F(x) + C$, где C — произвольная постоянная. Например, $\int \cos x dx = \sin x + C$.

неориентируемый / non-orientable // nichtorientierbar: неориентируемая поверхность (в общем случае, *многообразие*) — поверхность, не допускающая *ориентации*, например, *лист Мёбиуса*.

неособый / nonsingular, ordinary // nichtsingulär, gewöhnlich: обыкновенный, не имеющий особенностей, несингулярный.

неосциллирующий / nonoscillatory, nonoscillating // nichtoszillatorisch: обыкновенное дифференциальное уравнение $y'' + p(x)y' + q(x)y = 0$ называется неосциллирующим на промежутке (a, b) , если любое *нетривиальное решение* уравнения имеет на этом промежутке не более одного нуля.

неотрицательный / non-negative // nichtnegativ: больший нуля или равный нулю.

непересекающиеся множества / disjoint sets, non-intersecting sets // disjunkte [oder: durchschnittsfremde, elementenfremde] Mengen: множества, не имеющие общих элементов.

неперов логарифм / Napierian logarithm // Napierscher Logarithmus: то же, что *натуральный логарифм*.

неплоская кривая / twisted curve // räumliche Kurve, nichtebene Kurve: кривая, которую невозможно целиком поместить в одной плоскости, например, *винтовая линия*.

неплоский / nonplanar // Raum=, nichtplanar: не размещаемый в одной плоскости.

неподвижная точка / fixed point // Fixpunkt m : неподвижной точкой (НТ) *отображения* F множества X называется элемент $x \in X$, образ $F(x)$ которого совпадает с этим элементом: $F(x) = x$. Примеры НТ отображений множества вещественных чисел $\mathbf{R}$: отображение $y = 2x$ имеет единственную НТ $x = 0$; $y = x^2$ — две НТ, $x = 0$ и $x = 1$; $y = x + 1$ не имеет НТ. Доказательства существования и методы нахождения НТ — важные задачи математики, так как решение всякого уравнения $f(x) = 0$ путём преобразования его к виду $x + f(x) = x$ сводится к нахождению НТ отображения $F = I + f$, где I — тождественный оператор ($Ix = x$

для любого $x \in X$). См. также *теорема о неподвижной точке*.

неполнота́ / incompleteness // Unvollständigkeit f : отсутствие полноты. См. также *Гёделя теорема*.

непостоянный / nonconstant, not-constant, variable // unbeständig, veränderlich: изменяющийся, переменный.

неправильная дробь / improper fraction // unechter Bruch: *дробь*, у которой модуль числителя не меньше модуля знаменателя, например, $7/3$ или $(-12)/5$.

непрерывная деформация / continuous deformation // stetige Deformation: в математике: пусть семейство кривых на плоскости x, y задано параметрическими уравнениями: $x = x(t, \gamma)$, $y = y(t, \gamma)$, где $t \in [a, b]$ и $\gamma \in [c, d]$ — параметры, причём каждому фиксированному значению γ_0 соответствует кривая $x = x(t, \gamma_0)$, $y = y(t, \gamma_0)$ ($a \leq t \leq b$) из этого семейства. Говорят, что семейство непрерывно зависит от параметра γ , если функции $x(t, \gamma)$ и $y(t, \gamma)$ непрерывны по γ равномерно относительно t ; если при этом γ изменяется в окрестности точки γ_0 , то кривая $x = x(t, \gamma)$, $y = y(t, \gamma)$ испытывает непрерывную деформацию. Пример: семейство окружностей $x = \gamma \cos t$, $y = \gamma \sin t$, $t \in [0, 2\pi)$, непрерывно зависит от параметра γ ; в частности, при $\gamma \rightarrow 0$ окружности, непрерывно деформируясь, стягиваются в точку $(0, 0)$.

непрерывная в замкнутой области функция / function continuous on a closed domain // eine stetige im abgeschlossenen Bereich Funktion: функция $f(x)$, определённая в *замкнутой области* $\bar{D}$, называется непрерывной в замкнутой области $\bar{D}$, если для всякой точки $x \in \bar{D}$ справедливо утверждение $\lim_{\xi \rightarrow x} f(\xi) = f(x)$. Это утверждение означает, что для любого числа $\epsilon > 0$ можно найти такое число $\delta > 0$, что при всех $x, \xi \in \bar{D}$, удовлетворяющих неравенству $|\xi - x| < \delta$, выполняется неравенство $|f(\xi) - f(x)| < \epsilon$.

непрерывная вплоть до границы / continuous up to the boundary // stetig bis zum Rand: рассматривается функция $f(P)$, определённая на плоской области D . В случае, когда граница D — *простой замкнутый контур* γ , функция $f(P)$ называется непрерывной вплоть до контура γ , если она определена и *непрерывна в замкнутой области* $\bar{D} = D \cup \gamma$. В случае, когда в области имеется *разрез* ω , непрерывность вплоть до ω понимается следующим образом. Введём «расстояние по области» между двумя точками области: $\rho(P, Q) = \inf l(P, Q)$, где $l(P, Q)$ — длина какой-либо кривой, соединяющей P и Q области D ; *инфимум* берётся по всевозможным таким кривым, лежащим в области D (если область выпуклая, то расстояние по области совпадает с обычным расстоянием). Пусть теперь точки P и Q находятся вблизи разреза ω , причём $\rho(P, Q) \rightarrow$

0 если $Q \rightarrow P$ (т.е. точки не отделены друг от друга разрезом). Если $|f(P) - f(Q)| \rightarrow 0$ при $Q \rightarrow P$, то функция $f(P)$ называется непрерывной вплоть до разреза ω .

непрерывная слева функция / function continuous on the left, left-hand continuous function // linksseitig stetige Funktion: функция $f(x)$, определённая в точке x_0 и её левой полуокрестности (т.е. при $x_0 - \delta < x < x_0$), называется непрерывной слева в этой точке, если $\lim_{x \rightarrow x_0 - 0} f(x) = f(x_0)$ (в короткой записи: $f(x_0 - 0) = f(x_0)$). Это означает, что для любого числа $\epsilon > 0$ найдётся число $\delta > 0$ такое, что при всех x , удовлетворяющих неравенству $x_0 - \delta < x < x_0$, будет выполняться неравенство $|f(x) - f(x_0)| < \epsilon$. Например, всякая *функция распределения* вероятностей $F(x)$ непрерывна слева при всех x .

непрерывная справа функция / function continuous on the right, right-hand continuous function // rechtsseitig stetige Funktion: определение аналогично *непрерывной слева функции*: $\lim_{x \rightarrow x_0 + 0} f(x) = f(x_0)$, или $f(x_0 + 0) = f(x_0)$. Пример: *функция Хевисайда*.

непрерывная функция / continuous function // stetige Funktion: функция $f(x)$, определённая в точке x_0 и её окрестности, называется непрерывной в этой точке, если $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0)$. Это означает, что для любого числа $\epsilon > 0$ найдётся число $\delta > 0$ такое, что при всех x , удовлетворяющих неравенству $|x - x_0| < \delta$, будет выполняться неравенство $|f(x) - f(x_0)| < \epsilon$. Аналогично определяется непрерывность функции двух или более переменных $f(M)$ в точке M_0 : $\lim_{M \rightarrow M_0} f(M) = f(M_0)$, т.е. для любого $\epsilon > 0$ найдётся $\delta > 0$ такое, что $|f(M) - f(M_0)| < \epsilon$, если $|M - M_0| < \delta$.

Функция $f(x)$ называется непрерывной на интервале (a, b) , если она непрерывна в каждой точке этого интервала. Функция, определённая на замкнутом отрезке $[a, b]$, называется непрерывной на этом отрезке, если она непрерывна на интервале (a, b) и существуют пределы $f(x)$ при $x \rightarrow a + 0$ и $x \rightarrow b - 0$, причём $\lim_{x \rightarrow a + 0} f(x) = f(a)$ и $\lim_{x \rightarrow b - 0} f(x) = f(b)$.

Элементарные функции непрерывны в своей области определения.

непрерывно / continuously // stetig: без разрывов.

непрерывно-дифференцируемый / continuously differentiable // stetig differenzierbar: имеющий *производную*, которая является *непрерывной* функцией.

непрерывное отображение / continuous mapping // stetige Abbildung: обобщение понятия *непрерывной функции*. Пусть X и Y — *топологические пространства*. Отображение $f: X \rightarrow Y$ называется непрерывным, если для любой точки $x_0 \in X$ и всякой окрестности V её образа $y_0 = f(x_0) \in Y$

существует окрестность U точки x_0 такая, что $f(U) \subseteq V$.

непрерывность / continuity // Stetigkeit f : свойство функции быть непрерывной.

непрерывный спектр / continuous spectrum // kontinuierliches Spektrum: в физике — то же, что *сплошной спектр*. В математике (в теории линейных операторов): пусть A — замкнутый оператор в гильбертовом пространстве H с областью определения $D(A)$. Точка λ называется точкой непрерывного спектра оператора A , если множество M всех элементов вида $Ay - \lambda y$, $y \in D(A)$, есть плотное множество M в H , но при этом $M \neq H$. Пример: в пространстве $L_2(0, +\infty)$ у самосопряжённого дифференциального оператора $Ay = -\frac{d^2}{dx^2}y(x)$, $y(0) = 0$, весь спектр — непрерывный и совпадает с полуосью $0 \leq \lambda < +\infty$. См. также *дискретный спектр*.

неприводимое представление / irreducible representation // irreduzible Darstellung: см. *представление группы*.

непротиворечивый / consistent, non-contradictory // widerspruchsfrei: не содержащий противоречий, не приводящий к противоречию.

Нептун / Neptun // Neptun m : восьмая (от Солнца) планета *Солнечной системы*. Открыта в 1846 году на основании наблюдений отклонений движения *Урана* от расчетной орбиты. Средняя удалённость от Солнца 4,5 млрд км, период обращения вокруг Солнца около 165 лет, вокруг своей оси 16 час. 6 мин. Экваториальный диаметр 49 528 км, средняя плотность 1,64 г/см³, масса в 17,2 раз больше массы *Земли*, средняя температура поверхности -210°C . Вокруг Нептуна обращаются 13 известных (2010) спутников. У Нептуна имеется слабая кольцевая система, аналогичная системам *Сатурна*, *Юпитера* и *Урана*.

непустой / nonempty // nichtleer: в *теории множеств*: непустое множество содержит хотя бы один элемент.

неравенство / inequality // Ungleichung f : соотношение между двумя действительными числами, указывающее, какое из этих чисел больше или меньше другого. Строгие неравенства: $a < b$, $a > b$, $a \neq b$. Нестрогие неравенства: $a \leq b$, $a \geq b$.

неравенство Бесселя / Bessel inequality // Besselsche Ungleichung: пусть на отрезке $[a, b]$ непрерывные вещественные функции $y_1(x), y_2(x), \dots$ образуют ортонормальную систему: $\int_a^b y_k(x)y_l(x)dx = \delta_{kl}$. Здесь δ_{kl} — символ Кронекера. Для любой непрерывной вещественной функции $f(x)$ имеет место неравенство Бесселя: $\sum_{n=1}^{\infty} c_n^2 \leq \int_a^b f^2(x)dx$, где $c_n = \int_a^b f(x)y_n(x)dx$. Неравенство Бесселя справедливо и в более общем случае, когда $\{y_n\}$ — произвольная ортонормальная система в гильбертовом пространстве, а f — любой элемент этого пространства. Если $\{y_n\}$ — ортонормированный базис, то неравенство Бесселя превращается в равенство

Парсевалья.

нера́венство Буняко́вского / Schwarz inequality, Cauchy inequality, Cauchy-Bunyakovsky inequality, Cauchy-Bunyakovsky-Schwarz inequality // Schwarzsche Ungleichung: для двух *вещественных* функций $f(x)$ и $g(x)$ на промежутке $[a, b]$ имеет вид

$$\left(\int_a^b f(x)g(x) dx \right)^2 \leq \int_a^b f^2(x) dx \cdot \int_a^b g^2(x) dx.$$

Впервые опубликовано *Буняковским* в 1859 г.

нера́венство Гё́льдера / Hölder inequality // Höldersche Ungleichung: для двух функций $f(x)$ и $g(x)$ на промежутке $[a, b]$ имеет вид

$$\left| \int_a^b f(x)g(x) dx \right| \leq \left(\int_a^b |f(x)|^{1/p} dx \right)^p \cdot \left(\int_a^b |g(x)|^{1/q} dx \right)^q,$$

где $p + q = 1$, $p > 0$, $q > 0$. При $p = q = 1/2$ превращается в *неравенство Буняковского*.

нера́венство Ма́ркова / Markov inequality // Markovsche Ungleichung: доказанное *Марковым* (1889) неравенство, дающее оценку *производной* от *полинома* через наибольшее значение самого полинома. Пусть $P_n(x)$ — полином степени не выше n с действительными коэффициентами, и M — наибольшее значение его модуля на отрезке $[a, b]$. Тогда для любого $x \in [a, b]$ справедливо неравенство: $|P'(x)| \leq \frac{2Mn^2}{b-a}$.

нера́венство треу́гольника / triangle inequality // Dreiecksungleichung f : в геометрии: в любом треугольнике длина каждой стороны меньше суммы длин двух других сторон. Обобщения: в *евклидовом пространстве*: $|\vec{x} + \vec{y}| \leq |\vec{x}| + |\vec{y}|$; в *нормированном пространстве*: $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$; в *метрическом пространстве*: $\rho(x, z) \leq \rho(x, y) + \rho(y, z)$.

Для сумм чисел неравенство треугольника имеет вид: $|\sum_{k=1}^n a_k| \leq \sum_{k=1}^n |a_k|$; для интегралов: $|\int_a^b f(x) dx| \leq \int_a^b |f(x)| dx$ (см. *абсолютно интегрируемая функция*).

нера́венство Чебышё́ва / Chebyshev inequality // Tschebyscheffsche Ungleichung: в *теории вероятностей*: неравенство, дающее оценку вероятности отклонений значений *случайной величины* X от её *математического ожидания* $M(X)$ через *дисперсию* $D(X)$: $P(|X - M(X)| \geq \epsilon) \leq \frac{D(X)}{\epsilon^2}$.

нера́венство Шва́рца / Schwarz-Bunyakovsky inequality // Schwarzsche Ungleichung: то же, что *неравенство Буняковского*.

неравнове́сное состоя́ние / nonequilibrium state // Nichtgleichgewichtszustand m : в термодинамике — состояние системы, выведенной из состояния термодинамического равновесия. В системе, находящейся в неравновесном

состоянии, происходят *неравновесные процессы* (процессы *релаксации*), стремящиеся вернуть систему в состояние равновесия. При подводе (отводе) энергии в системе может установиться стационарное неравновесное состояние, в котором параметры системы не изменяются со временем.

неравновесные процессы / nonequilibrium processes // nichtstatische Prozesse: в термодинамике и статистической физике — физические процессы, включающие *неравновесные состояния*. Процесс установления равновесия в изолированной системе (*релаксация*) — пример неравновесного процесса. Если в системе существуют неоднородное распределение температуры, *градиенты* концентрации и скоростей упорядоченного движения частиц, то вызванные ими неравновесные процессы *теплопроводности, диффузии, вязкого трения* (см. *вязкость*) будут способствовать устранению этих различий в разных частях системы, т.е. будут вести к установлению равновесия. В неизолированных системах неравновесные процессы могут протекать стационарно (например, теплопередача за счет теплопроводности при поддерживаемой неизменной разности температур).

неравномерно / non-uniformly // ungleichmäßig: не *равномерно*.

неравноправность / disparity // Rechtsungleichheit *f*: в физике — неравноправность *инерциальных систем отсчёта* и систем, движущихся ускоренно относительно инерциальных, проявляется в том, что в неинерциальных системах появляются дополнительные слагаемые в дифференциальном уравнении движения тела, которые можно трактовать как *силы инерции*, не связанные с действием других тел на данное тело.

неравносильный / inequivalent, nonequivalent // inäquivalent: два уравнения называются неравносильными, или неэквивалентными, если множества их решений не совпадают. Например, неравносильны уравнения $x-2=0$ и $x^2-4=0$. Два утверждения *A* и *B* называются неравносильными, если из истинности *A* следует истинность *B*, но из истинности *B* не следует истинность *A* (или наоборот). Например, из утверждения « $x=2$ » следует, что « $x^2=4$ », но из « $x^2=4$ » не следует, что « $x=2$ ».

неравный / unequal // ungleich: в геометрии — фигура *A* не равна фигуре *B*, если *A* нельзя совместить с *B* при помощи *перемещения*.

неразложимость / indecomposability, irreducibility // Unzerlegbarkeit *f*: невозможность разложить данный объект (на части, на множители, в сумму, в ряд). Например, *квадратный трёхчлен* x^2+px+q с *вещественными* коэффициентами p, q при $p^2 < 4q$ неразложим на линейные множители с вещественными коэффициентами.

неразрешимый / unsolvable, insoluble // unlösbar: не имеющий решения (задача, уравнение).

неразрывность / continuity, nonseparability // Stetigkeit *f*, Unzertrennbarkeit *f*: отсутствие разрывов, непрерывность. См. *уравнение неразрывности*.

нерастяжимая нить / nonstretchable line // undehnbarer Faden: в механике — часто используемая идеализация связи, наложенной на движение материальной точки или тела, согласно которой изменение длины нити под действием приложенных сил предполагается настолько малым, что в рассматриваемом вопросе этим изменением можно пренебречь.

нерастяжимый / inextensible // undehnbar: нерастяжимый стержень в механике — стержень, удлинение которого при приложении растягивающей нагрузки настолько мало, что им можно (в данном вопросе) пренебречь.

нерелятивистский / nonrelativistic // nichtrelativistisch: в физике — объект или эффект, который можно описать в терминах классической механики, не привлекая *релятивистской механики*.

нерелятивистская механика / nonrelativistic mechanics // nichtrelativistische Mechanik: механика, описывающая движения тел, происходящие со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с (см. также *классическая механика*, *релятивистская механика*, *теория относительности*).

нерентабельный / unprofitable // unrentabel, verlustbringend: не дающий прибыли.

несамосопряжённый / non-selfadjoint, not self-conjugate // nicht-selbstadjungiert: не обладающий свойством *самосопряжённости*.

несжимаемая жидкость / incompressible fluid // inkompressible Flüssigkeit: в механике — идеализированная жидкость, настолько мало изменяющая объём при приложении к ней извне всестороннего давления, что этим изменением можно (в данном вопросе) пренебречь.

несимметричный / asymmetric // asymmetrisch: не имеющий *симметрии*.

неслучайный / nonrandom // nichtzufällig: имеющий определённую причину, *детерминированный*.

несмежные грани / non-adjacent faces // kantenfremde Seiten: грани *многогранной поверхности*, не имеющие между собой общего ребра.

несмещённая оценка / unbiased estimator // erwartungstreue Schätzung: в *математической статистике*: несмещённая оценка какой-либо функции от параметров распределения вероятностей — *статистическая оценка*, математическое ожидание которой совпадает с оцениваемой величиной. Про несмещённую оценку часто говорят, что она лишена систематической ошибки.

несобственный интеграл / improper integral // uneigentliches Integral: а) по бесконечному интервалу. Пусть функция $f(x)$ определена и непрерывна при $x \geq a$. Несобственным интегралом (н.и.) по интервалу $[a, +\infty)$ от функции $f(x)$ называется конечный предел $\lim_{b \rightarrow +\infty} \int_a^b f(x) dx$, если такой предел существует. Этот предел обозначают $\int_a^{+\infty} f(x) dx$ или

$\int_a^\infty f(x) dx$ и говорят, что н.и. сходится. Если конечного предела нет, то говорят, что н.и. расходится. Достаточные условия сходимости или расходимости $\int_a^\infty f(x) dx$: если $|f(x)| \leq Ax^{-\gamma}$ при $x \geq a$, $\gamma > 1$, $A > 0$, то интеграл сходится; если $|f(x)| \geq Ax^{-\gamma}$ при $x \geq a$, $\gamma \leq 1$, $A > 0$, то расходится. Примеры: $\int_1^\infty \frac{dx}{x^2} = 1$, $\int_1^\infty \frac{dx}{x} = +\infty$. Несобственный интеграл по всей оси определяется как сумма двух пределов: $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_a^c f(x) dx + \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_c^b f(x) dx$.

б) Н.и. от разрывной функции. Пусть функция $f(x)$ определена и непрерывна на конечном полуоткрытом интервале $(a, b]$. Несобственным интегралом $\int_a^b f(x) dx$ называется конечный предел $\lim_{\epsilon \rightarrow +0} \int_{a+\epsilon}^b f(x) dx$, если такой предел существует. В этом случае говорят, что н.и. сходится. Если конечного предела нет, то говорят, что н.и. расходится. Примеры: $\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x}} = 2$, $\int_0^1 \frac{dx}{x} = +\infty$. Н.и. $\int_a^b f(x) dx$ от функции, разрывной во внутренней точке c отрезка $[a, b]$, определяется как сумма двух пределов: $\int_a^b f(x) dx = \lim_{\epsilon \rightarrow +0} \int_a^{c-\epsilon} f(x) dx + \lim_{\delta \rightarrow +0} \int_{c+\delta}^b f(x) dx$. В этом случае достаточные условия сходимости или расходимости $\int_a^b f(x) dx$: если $|f(x)| \leq A|x-c|^{-\gamma}$ и $\gamma < 1$, то интеграл сходится; если $|f(x)| \geq A|x-c|^{-\gamma}$ и $\gamma \geq 1$, то расходится.

Понятие несобственного интеграла распространяется на *кратные интегралы*, а также на *интеграл Лебега*.

несобственный элемент, бесконечно удалённый элемент / ideal element, element at infinity // ideales Element, unendlich fernes Element: элемент, возникающий при расширении некоторого конечномерного *линейного пространства* до компактного пространства, т.е. до пространства, в котором всякое бесконечное *множество* имеет *предельную точку*. Примеры введения несобственных элементов: 1) числовая прямая $\mathbf{R} = (-\infty, +\infty)$, пополненная двумя несобственными точками, $-\infty$ и $+\infty$, называется расширенной прямой $\overline{\mathbf{R}}$; она гомеоморфно отображается на отрезок $[0, 1]$ функцией $y = 1/(e^x + 1)$. 2) *комплексная плоскость* $\mathbf{C}$, пополненная несобственной точкой ∞ , называется *расширенной комплексной плоскостью*; она гомеоморфно отображается на сферу при помощи *стереографической проекции*.

несовместимый / incompatible // inkompatibel: несогласованный, не могущий работать совместно: «его программа несовместима с моим компьютером» / his program is incompatible with my computer // sein Programm ist mit meinem Computer inkompatibel.

несовпадение / discrepancy, noncoincidence, disagreement // Inkongruenz f , Nichtübereinstimmung f : отсутствие совпадения, несогласованность,

разлад, отличие.

несоизмеримость / incommensurability // Inkommensurabilität f : в геометрии — два отрезка называются несоизмеримыми, если не существует третьего отрезка, который целое число раз в точности укладывается на каждом из данных отрезков. В анализе — два *вещественных* числа называются несоизмеримыми, если их отношение является *иррациональным* числом.

несократимый / noncancellable, uncancellable // unkürzbar: несократимая дробь — *дробь*, числитель и знаменатель которой не имеют общих множителей.

неспряmlяемая кривая / nonrectifiable curve // nichtrektifizierbare Kurve: кривая, не являющаяся *спряmlяемой кривой*.

нестандартный / nonstandard, abnormal, atypical // Nichtstandard=: отклоняющийся от стандарта, необычный, нетипичный.

нестационарный / nonstationary // nichtstationär: не являющийся *стационарным*.

нестрогий максимум / weak maximum, improper maximum // Maximum n , nichtisoliertes Maximum: *максимум* функции $f(x)$ в точке a называют нестрогим, если существуют точки сколь угодно близкие к a , в которых функция принимает значения, равные максимуму. Таков, например, максимум функции, постоянной в окрестности точки a .

нестрогий минимум / weak minimum, improper minimum // Minimum n , nichtisoliertes Minimum: *минимум* функции $f(x)$ в точке a называют нестрогим, если существуют точки сколь угодно близкие к a , в которых функция принимает значения, равные минимуму. Таков, например, минимум функции, постоянной в окрестности точки a .

несущая частота / carrier frequency // Trägerfrequenz f : в радиотехнике — частота гармонической волны, посылаемой передатчиком при отсутствии *модуляции*.

несушественный / inessential, unessential, non-essential // unwesentlich, unwichtig: не важный (для данного вопроса), не имеющий большого значения.

несчётное множество / uncountable set // überabzählbare Menge: бесконечное *множество*, не являющееся *счётным множеством*. Несчётное множество невозможно «перенумеровать», например, множество *иррациональных чисел* на конечном отрезке несчётно — в противоположность множеству *рациональных чисел*. См. *кардинальное число*.

неточность / inaccuracy, discrepancy, error // Ungenauigkeit f : погрешность, неполное совпадение, ошибка (обычно небольшая).

нетривиальное решение, ненулевое решение / non-trivial solution // nichttriviale Lösung: в теории линейных уравнений и систем — решение однородной задачи, не равное тождественно нулю. Например, система

алгебраических уравнений $\begin{cases} 2x + y - \lambda x = 0 \\ x + 2y - \lambda y = 0 \end{cases}$ имеет нетривиальные решения при значениях $\lambda = 1$ и $\lambda = 3$, см. также *собственное значение*.

неубывающий / nondecreasing // nichtabnehmend: неубывающая числовая последовательность $x_1, x_2, x_3, \dots$ характеризуется свойством: $x_{n+1} \geq x_n$ при всех $n = 1, 2, 3, \dots$. Неубывающая функция $f(t)$ характеризуется свойством: $f(t_2) \geq f(t_1)$ для любых t_1, t_2 из области определения функции, таких что $t_2 > t_1$.

неудовлетворительный / unsatisfactory, unsatisfying, inadequate // unbefriedigend, ungenügend: плохой, негодный.

неулучшаемый / unimprovable, best possible // der (aller)beste: наилучший возможный.

неупругий удар / inelastic collision // unelastischer Stoß: в механике: абсолютно неупругий удар — столкновение тел, при котором тела соединяются и после столкновения движутся как единое целое.

неустойчивость / instability, unsteadiness // Anfälligkeit f , Labilität f : отсутствие *устойчивости*.

неустраняемый / unremovable, inherent // nichthebbar: присущий, неотъемлемый, неуничтожимый. Например: неустраняемая погрешность измерений.

нефизический лист / nonphysical sheet // nichtphysikalisches Blatt: термин из *спектральной теории* дифференциальных операторов. Пусть, например, A — *самосопряжённый* оператор, заданный в *гильбертовом пространстве* $L_2(0, \infty)$ дифференциальным выражением $Ay(x) = -y'' + q(x)y$ и граничным условием $y(0) = 0$, причём $q(x) = 0$ при $0 \leq x \leq 1$ и $q = h > 0$ при $x > 1$. Оператор имеет *дискретный спектр* (если $h > \pi^2/4$), состоящий из собственных значений $\lambda_k \in (0, h)$, и *непрерывный спектр* при $\lambda \geq h$. *Резольвента оператора* допускает *аналитическое продолжение* по λ через разрез, проведённый по непрерывному спектру, на 2-й лист римановой поверхности; этот лист называют нефизическим листом.

нефинитный / nonfinite, not compactly supported // nichtfinit, mit unbeschränktem Träger: не имеющий свойства *финитности*.

неформальный / informal // informell: неформальный подход — способ рассмотрения вопроса, основанный не только на логических выводах из заранее сформулированных аксиом, но и на использовании содержательных соображений, связанных с сущностью вопроса.

нехватка / shortage, scarcity // Mangel m : недостаточное количество чего-либо, недостача.

нецелое число / non-integer // unganze Zahl f : *вещественное число*, не принадлежащее множеству *целых чисел*.

нецёлый / non-integral // ungeranz: не равный целому.

нечётная фúнкция / odd function // ungerade Funktion: функция, обладающая свойством $f(-x) = -f(x)$ для всех x из области определения функции. Примеры: x , x^3 , $\sin x$, $\operatorname{tg} x$.

нечётное число / odd number // ungerade Zahl: *целое число* вида $2n + 1$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

нечётно-мёрный / odd-dimensional // ungeradzahligdimensional: имеющий нечётную *размерность*.

нечётность / oddness, property of being odd // Ungeradheit f : свойство быть *нечётным*.

неэквивалéнтный: то же, что *неравносильный*.

неявная фúнкция / implicit function // implizit definierte Funktion: функция $y(x)$, заданная как решение уравнения $f(x, y) = 0$. Например, уравнение $x^2 + y^2 = 1$ задаёт при $-1 \leq x \leq 1$ две неявные функции: $y_1(x) = \sqrt{1 - x^2}$ и $y_2(x) = -\sqrt{1 - x^2}$. Теорема: Пусть функция $f(x, y)$ и её *частная производная* $\frac{\partial f}{\partial y}$ непрерывны в окрестности такой точки (x_0, y_0) , что $f(x_0, y_0) = 0$, причём $\frac{\partial f}{\partial y}|_{(x_0, y_0)} \neq 0$, тогда в некоторой окрестности точки x_0 существует единственная непрерывная неявная функция $y(x)$, удовлетворяющая уравнению $f(x, y) = 0$ и условию $y(x_0) = y_0$.

ни́жний предел / lower limit // unterer Limes, Limes inferior: нижний предел *последовательности* $\{x_n\}$ *вещественных чисел* — наименьший предел среди пределов (конечных или бесконечных) *всевозможных подпоследовательностей* данной последовательности. Обозначение: $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$. См. также *верхний предел*.

ни́жняя гра́ница / lower bound // untere Schranke: пусть M — некоторое множество *вещественных чисел*. Нижней границей множества M называется число A такое, что $A \leq x$ для всех $x \in M$. Очевидно, если A — нижняя граница множества M , то всякое число, меньшее чем A , также является нижней границей M . Если множество имеет нижнюю границу, то говорят, что это множество ограничено (или полуограничено) *снизу*; в противном случае множество называется неограниченным *снизу*. См. также *верхняя граница*.

ни́жняя гра́нь, инфíмум / greatest lower bound, infimum // untere Grenze, größte untere Schranke, Infimum n : пусть M — некоторое множество *вещественных чисел*. Нижней гранью, или точной нижней границей, множества M называется его наибольшая *ни́жняя граница*, т.е. наибольшее число a такое, что $a \leq x$ для всех $x \in M$. Это означает, что среди чисел множества M имеются сколь угодно близкие к a , но нет ни одного числа меньше a . Обозначение нижней границы: $a = \inf M$. Всякое множество M , ограниченное *снизу* (т.е. имеющее *ни́жнюю границу*),

имеет нижнюю грань. См. также *верхняя грань*.

ни́зкие температу́ры, криогенные температуры / low [or: cryogenic] temperatures // tiefe [oder: kryogene] Temperaturen: температуры, лежащие ниже точки кипения жидкого воздуха (около 80 K). Для поддержания низких температур обычно используют сжиженные газы.

низкочастóтный / low-frequency // Niedergfrequenz=: низкочастотное колебание — колебание с (относительно) малой частотой. Например, при *модуляции* высокочастотного радиосигнала модулирующее колебание должно быть низкочастотным.

ни́кель / nickel // Nickel *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Ni, номер 28)

нильпотéтный / nilpotent // nilpotent: в алгебре: пусть K — некоторое *кольцо* (2). Ненулевой элемент $w \in K$, некоторая натуральная степень которого равна нулю, $w^n = 0$, называется нильпотентным элементом.

Например, матрица $w = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ нильпотентная, так как $w^2 = 0$.

ноль: то же, что *нуль*.

но́мер / number, index // Nummer *f*: индекс, указатель места данного элемента при пересчитывании элементов какого-либо множества. «Номер (=выпуск) журнала» / issue of a journal // eine Zeitschriftsausgabe.

но́рма / norm // Norm *f*: в математике — функция, сопоставляющая каждому вектору $\vec{x}$ *линейного пространства* X число $\|\vec{x}\|$ (норму вектора $\vec{x}$) и удовлетворяющая следующим аксиомам:

1. $\|\vec{x}\| \geq 0$, причём $\|\vec{x}\| = 0$ в том и только том случае, когда $\vec{x} = \vec{0}$;
2. $\|\gamma\vec{x}\| = |\gamma| \cdot \|\vec{x}\|$, где γ — произвольное число;
3. $\|\vec{x} + \vec{y}\| \leq \|\vec{x}\| + \|\vec{y}\|$ для любых $\vec{x}, \vec{y} \in X$ (аксиома треугольника).

Линейное пространство, в котором введена норма, называется нормированным пространством. В *евклидовом пространстве* норму вектора называют *длиной* или модулем.

нормáль / normal // normale Gerade: в геометрии: нормаль к плоской кривой в заданной её точке — прямая в этой плоскости, проходящая через эту точку и перпендикулярная *касательной* к кривой в этой точке. Нормаль к плоскости в пространстве — вектор, перпендикулярный плоскости; также — всякая прямая, параллельная этому вектору. Нормаль к поверхности в точке P — нормаль к плоскости, касающейся поверхности в этой точке (см. *касательная плоскость*).

нормáльное падéние / normal incidence / senkrechter Einfall, normaler Einfall: падение света на какую-либо поверхность под углом 90 градусов, т.е. по нормали к поверхности.

нормáльное распределéние, гауссово распределение / normal [or: Gauss(ian)] distribution // Normalverteilung *f*, Gauß-Verteilung *f*: в *теории*

вероятностей — закон распределения непрерывной случайной величины, при котором плотность вероятности определяется формулой $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$.

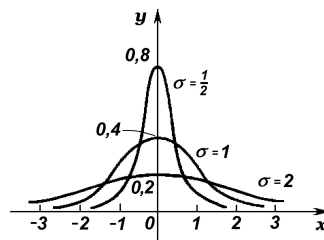


Рис. 114: Нормальное распределение

Постоянные a и σ^2 называются параметрами распределения, причём a равно математическому ожиданию, а σ^2 — дисперсии случайной величины: $a = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$, $\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - a)^2 f(x) dx$. Нормальное распределение играет очень важную роль в теории вероятностей и статистике, поскольку многие случайные величины и процессы в природе подчиняются (точно или приближенно) нормальному закону. Примером может служить распределение случайных ошибок при измерениях и распределение скоростей молекул газа. См. также закон больших чисел.

нормальное сечение / normal section // Normalschnitt m : в геометрии: сечение поверхности плоскостью, проходящей через нормаль к поверхности, см. также кривизна.

нормальное уравнение / normal equation // Hessesche Normalform der Gleichung: в аналитической геометрии: а) нормальное уравнение прямой на плоскости: $x \cos \alpha + y \sin \alpha - p = 0$, где α — угол между нормальным вектором к прямой и осью Ox , $p \geq 0$ — расстояние от начала координат до прямой; б) нормальное уравнение плоскости в пространстве: $x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma - p = 0$, где α, β, γ — направляющие косинусы нормального вектора к плоскости, $p \geq 0$ — расстояние от начала координат до плоскости.

нормальное ускорение / normal acceleration // normale Beschleunigung: составляющая ускорения, направленная по главной нормали к траектории движения. Нормальное ускорение характеризует быстроту изменения направления вектора скорости. Модуль нормального ускорения равен $a_n = v^2/R$, где v — модуль скорости $\vec{v}$, R — радиус кривизны траектории. Нормальное ускорение называют также центростремительным, так как оно направлено к центру кривизны траектории.

нормальные волны, собственные волны / normal waves // Normalwellen *pl*: бегущие гармонические волны в линейной системе с постоянными параметрами, в которой можно пренебречь поглощением и рассеянием энергии; обобщение понятия *нормальных колебаний* на незамкнутые волноводные системы, такие как безграничные среды, струны, стержни, замедляющие системы, цепочки связанных осцилляторов. Понятие нормальных волн допускает также обобщение на системы со слабыми потерями и нелинейными взаимодействиями. Разложение полей по нормальным волнам применяется при изучении природных явлений (акустических, гидродинамических и т.д.) и при конструировании волновых технических устройств.

нормальные колебания, нормальные моды / normal oscillation, normal modes // normale Schwingungen: собственные (свободные) гармонические колебания линейных систем (с несколькими степенями свободы) с постоянными параметрами, в которых отсутствуют потери энергии. Каждое нормальное колебание характеризуется определенным значением частоты, с которой осциллируют все элементы колебательной системы, и определенной конфигурацией (формой), т.е. распределением амплитуд и фаз по элементам системы. Линейно независимые моды, отличающиеся формой, но имеющие одну и ту же частоту, называются вырожденными. Частоты возможных нормальных колебаний называются собственными частотами системы. В дискретных системах число независимых нормальных колебаний равно числу степеней свободы системы. В системах с распределенными параметрами (струна, мембрана, резонатор) существует бесконечное (но *счётное*) число нормальных колебаний. См. также *моды колебаний*.

нормальный делитель / invariant subgroup, self-conjugate subgroup, normal divisor // Normalteiler *m*, invariante Untergruppe: в теории *групп*: пусть x и u — некоторые элементы группы G . Элемент $x' = u^{-1}xu$ называется элементом, сопряжённым с элементом x . Пусть M — некоторое подмножество группы G , g — некоторый фиксированный элемент $g \in G$, тогда каждому элементу $x \in M$ соответствует его сопряжённый элемент $x' = g^{-1}xg$. Множество элементов вида $g^{-1}xg$, где x пробегает всё множество M , называется множеством, сопряжённым с множеством M в группе G и обозначается M^g . В частности, *подгруппы* A и B называются сопряжёнными подгруппами, если $A = B^g$ для некоторого элемента $g \in G$. Если подгруппа A такова, что $A = A^g$ для любого элемента $g \in G$ (т.е. A содержит все элементы, сопряжённые с её элементами), то эта подгруппа называется самосопряжённой (или инвариантной) подгруппой, или нормальным делителем. Например, в группе всех *ортогональных матриц* фиксированного размера подгруппа матриц с *определителем*, равным $+1$, является нормальным делителем. В любой *абелевой группе* всякая подгруппа является нормальным делителем. Группа называется простой, если она не имеет нормальных

делителей, отличных от тривиальных (т.е. самой группы и единичного элемента).

нормальный закон, гауссов закон / Gaussian distribution, normal distribution law // Gauß-Verteilung f , Normalverteilungsgesetz n : то же, что закон *нормального распределения* вероятностей.

норма оператора / operator norm // Operatornorm f : пусть A — ограниченный оператор, действующий в банаховом пространстве X . Нормой оператора A называется *нижняя грань* множества таких чисел B , что при любых $x \in X$ имеет место неравенство $\|Ax\| \leq B\|x\|$. Примеры: 1) в пространстве $\mathbf{R}^n$ векторов-столбцов $\vec{x} = (\xi_1, \dots, \xi_n)^T$ с нормой $\|\vec{x}\| = \max_{1 \leq i \leq n} |\xi_i|$, оператор A , заданный матрицей $\{a_{ik}\}$, имеет норму $\|A\| = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{k=1}^n |a_{ik}|$. 2) В пространстве *непрерывных функций* $C[0, 1]$ *интегральный оператор* A с непрерывным ядром $K(x, y)$ имеет норму $\|A\| = \max_{0 \leq x \leq 1} \int_0^1 |K(x, y)| dy$.

нормированное пространство / normed space // normierter Raum: *линейное пространство* X называется нормированным, если в нём введена норма. См. также *банахово пространство*.

нормировка / normalization // Normierung f : термин, обычно применяемый к функциям как элементам *гильбертова пространства* L_2 . Именно, если для некоторого подмножества $M \subset L_2$ функций $f(x) \in L_2$ имеет место равенство $\int_a^b |f(x)|^2 dx = q(*)$, то говорят, что функции из M нормированы на q , а соотношение $(*)$ называют нормировкой.

носитель / carrier, support // Träger m : в математике: 1) носителем $\text{supp } f(x)$ числовой функции $f(x)$, заданной на множестве M точек *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$, называется *замыкание* множества всех точек $x \in M$, в которых $f(x) \neq 0$; например, $\text{supp } \sin x = (-\infty, +\infty)$. 2) Носитель *обобщённой функции* $f(x)$: а) для функции от одной переменной $x \in \mathbf{R}$, $\text{supp } f(x)$ — дополнение в $\mathbf{R}$ к объединению всех интервалов $(a, b) \subset \mathbf{R}$, на которых $f(x) = 0$; б) для функции от нескольких переменных $(x_1, \dots, x_n) = x \in \mathbf{R}^n$, $\text{supp } f(x)$ — дополнение в $\mathbf{R}^n$ к объединению всех открытых шаров, в которых $f(x) = 0$. Например, $\text{supp } \delta(x - x_0) = \{x_0\}$.

носители заряда, носители тока / charge carriers, current carriers // Ladungsträger pl : общее название заряженных подвижных частиц или *квазичастиц*, способных обеспечивать прохождение электрического тока через вещество. Чаще всего термин «носители тока» применяется в физике твердого тела, где он объединяет электроны проводимости и *дырки*.

нуклиды / nuclides // Nuklide pl : общее название атомных ядер, отличающихся числом протонов и нейтронов. Нуклиды с одинаковым числом протонов (одинаковым зарядом ядра), но с разным числом нейтронов,

называются *изотопами*.

нукло́ны / nucleons // Nukleonen *pl*: общее название для протонов и нейтронов, входящих в состав *ядра* каждого *атома*.

нулево́й / zero, null, trivial // Null=: равный нулю. «Нулевое решение» / trivial solution, zero solution // triviale Lösung, Nullösung *f* /// «Нулевая точка» / origin // Ursprung *m*: начальная точка, начало отсчёта.

нулевы́е колеба́ния / zero-point oscillations // Nullpunktsschwingungen *pl*: согласно квантовой механике, разрешенные энергетические уровни гармонического осциллятора с собственной частотой ω образуют дискретный спектр, выражаемый формулой $\varepsilon_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$. Наинизшему состоянию $n = 0$ соответствует энергия $\varepsilon_0 = \frac{1}{2}\hbar\omega$, называемая энергией нулевых колебаний или *нулевой энергией*. Это значение соответствует наименьшей возможной энергии квантового осциллятора, совместимой с соотношениями неопределенностей.

Свободное электромагнитное поле можно представить в виде разложения по *нормальным колебаниям* (модам), т.е. рассматривать его как совокупность осцилляторов, энергии разрешенных состояний которых даются вышеприведенной формулой. Целое число n в этой формуле можно трактовать как число фотонов соответствующей моды. Вакууму электромагнитного поля, т.е. отсутствию фотонов, соответствуют значения $n = 0$ для всех мод. Но при этом энергия совокупности осцилляторов (*нулевая энергия*) оказывается отличной от нуля из-за нулевых колебаний (вакуумных колебаний) осцилляторов электромагнитного поля.

нулева́я эне́ргия / zero-point energy // Nullpunktsenergie *f*: разность между энергией основного состояния квантовой системы и энергией, соответствующей минимуму потенциальной энергии системы. Нулевая энергия возникает как неизбежное следствие *соотношения неопределенностей* $\Delta x \Delta p_x \approx \hbar$. В классической механике предполагалось, что частица может покоиться в точке, соответствующей минимуму потенциальной энергии, т.е. одновременно обладать минимальной потенциальной и нулевой кинетической энергией. Согласно квантовой механике локализация частицы ($\Delta x \rightarrow 0$) вблизи минимума потенциальной энергии неизбежно приводит к отличному от нуля среднему значению её кинетической энергии из-за неопределенности в значении импульса ($\Delta p_x \approx \hbar / \Delta x$). Энергия основного уровня соответствует наименьшей возможной энергии квантовой системы, совместимой с соотношениями неопределенностей.

нуль / zero, nought // Null *f*: число 0; нулевой *вектор*; начало отсчёта на *числовой оси*.

нуль фу́нкции / zero of a function // Nullstelle *f*, Wurzel *f*: каждое решение уравнения $f(x) = 0$ называют корнем, или нулём, функции $f(x)$. См. также *кратность*.

нумера́ция / indexing, numbering, enumeration // Numerierung f : в математике: нумерация *счётного множества* — взаимно-однозначное отображение множества *натуральных чисел* («номеров») на данное множество.

нута́ция / nutation // Nutation f : вид движения твердого тела, сопровождающий *прецессию*. В случае установившейся вынужденной прецессии симметричного волчка угол между осью волчка и осью, вокруг которой происходит прецессия, остается неизменным (например, под действием силы тяжести ось неуравновешенного *гироскопа* описывает круговой конус вокруг вертикали). Из-за нутации, происходящей в процессе установления прецессии, этот угол претерпевает быстрые периодические изменения, период которых тем меньше, чем быстрее вращается гироскоп вокруг собственной оси.

Нью́тон (Sir Isaac Newton, 1643–1727): английский физик, математик и астроном. Открытия в физике — три закона *классической механики*, закон *всемирного тяготения*, разложение призмой белого света на спектральные составляющие, интерференционные *кольца Ньютона*, корпускулярная теория света. В астрономии — расчёты масс и движения планет и Луны, теория приливов. В математике — создание основ дифференциального и интегрального исчисления, метод приближённого вычисления корней уравнений. Открытия и исследования Ньютона заложили фундамент дальнейшего двухвекового развития физики и математики.

ньютóн [сокр.: Н; N] / newton // Newton n : единица силы в *системе СИ*. Сила 1 Н сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с².

ньютóнов потенциа́л / Newtonian potential // Newtonsches Potential: потенциал гравитационного поля. «Точечная» масса m (*материальная точка* массой m), находящаяся в точке $P_0(\xi, \eta, \zeta)$, создаёт вокруг себя поле тяготения, потенциал которого в точке $P(x, y, z) \neq P_0$ равен $U(x, y, z) = G \frac{m}{r}$. Здесь $r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}$, G — *гравитационная постоянная*, равная $6,672\,59 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$. Потенциал совокупности нескольких точечных масс равен сумме соответствующих потенциалов. Если в области D пространства распределена масса с плотностью $\rho(x, y, z)$, то ньютонів потенциал вычисляется по формуле

$$U(x, y, z) = G \iiint_D \frac{\rho(\xi, \eta, \zeta) d\xi d\eta d\zeta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}}.$$

Напряжённость $\vec{g}$ гравитационного поля (сила, действующая на единичную точечную массу, внесённую в поле) выражается через *градиент* ньютонів потенциала: $\vec{g} = -\text{grad } U(x, y, z)$. На точечную массу M действует при этом сила притяжения $\vec{F} = M\vec{g}$.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

О

обертóн / overtone // Oberton m : гармоническая составляющая в *спектре* периодических *колебаний*, имеющая частоту выше основного (=наинизшего) тона. При свободных колебаниях ограниченной *струны*, закреплённой на концах, частота основного тона равна $f = \frac{l}{2} \sqrt{N/\rho}$, где l — длина струны, ρ — линейная плотность струны, N — сила натяжения. Обертоны имеют частоты, кратные частоте f , т.е. $2f, 3f, \dots$. От соотношения амплитуд основного тона и обертонов зависит характер звучания (тембр) музыкального инструмента: при относительно больших амплитудах обертонов звучание воспринимается на слух как жёсткое, резкое.

обзóр / survey, review // Überblick m , Übersicht f : текст, имеющий характер описания книг или статей, посвящённых какому-либо вопросу.

обклáдки конденсáтора / capacitor plates // Kondensatorbelagen m : проводящие электроды в форме плоских параллельных пластин (в плоском конденсаторе), коаксиальных цилиндров (в цилиндрическом конденсаторе), концентрических сфер (в сферическом конденсаторе) и т.п., на которых в процессе зарядки конденсатора накапливаются электрические заряды противоположных знаков. В промежутке между обкладками заряженного конденсатора сосредоточено электрическое поле. *Електроёмкость* конденсатора тем больше, чем больше площадь обкладок и чем меньше расстояние между ними. Для увеличения ёмкости пространство между обкладками заполняют *диэлектриком*.

óбласть / domain, region // Gebiet n : в математике: областью на плоскости называется открытое связное множество точек на плоскости. Множество называется открытым, если оно состоит только из *внутренних точек*. Открытое множество называется связным, если любые две его точки можно соединить *ломаной*, все точки которой принадлежат множеству. Примеры областей: круг, многоугольник, полоса, полуплоскость, кольцо. Область (=тело) в пространстве определяется аналогично, как связное множество, состоящее только из внутренних точек.

óбласть значéний / codomain, range, range of values // Wertebereich m , Nachbereich m , Bildbereich m : область значений функции — множество значений, которое принимает функция.

óбласть интегрíрования / domain of integration // Integrationsbereich m , Integrationsgebiet n : для *определённого интеграла* — отрезок,

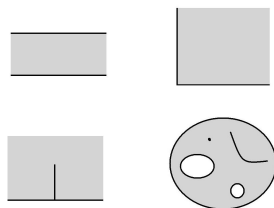


Рис. 115: Области

ограниченный пределами интегрирования; для *кратного интеграла* (в частности, двойного или тройного) — множество точек, по которому производится интегрирование.

область определения / domain, domain of definition // Definitionsbereich *m*, Definitionsgebiet *n*, Vorbereich *m*: область определения функции — множество, на котором определена (=задана) функция.

область сходимости / domain of convergence // Konvergenzbereich *m*: область сходимости *функционального ряда* $f_1(x) + f_2(x) + \dots$ — множество значений x , для которых ряд сходится.

облучение / exposure, irradiation // Bestrahlung *f*: процесс, при котором какой-либо объект подвергается действию *излучения*.

обмѐн / exchange, interchange, interchanging // Austausch *m*, Umtausch *m*: перемена местами двух объектов. «Обмен валюты» / currency exchange // Währungsumtausch *m*.

обмотка / winding // Wicklung *f*: изолированный провод, намотанный на каркас той или иной формы (в катушках индуктивности, электромагнитах, трансформаторах и т.п.). При прохождении электрического тока внутри каркаса создается магнитное поле.

обобщение / generalization // Verallgemeinerung *f*: переход от частного к более общему, более широкому, а также результат такого перехода. Пример: понятие *вещественное число* — обобщение понятия *рациональное число*.

обобщѐнная производная / generalized derivative // verallgemeinerte Ableitung: обобщение понятия *производной* для функций, не имеющих производной в обычном смысле. Пусть функции $f(x, y)$ и $g(x, y)$ *локально интегрируемы* по Лебегу в области $\Omega \subset \mathbf{R}^2$. Если для любой бесконечно дифференцируемой функции $\phi(x, y)$, равной нулю в окрестности границы области Ω , выполняется равенство

$$\int_{\Omega} f(x, y) \frac{\partial \phi(x, y)}{\partial x} dx dy = - \int_{\Omega} g(x, y) \phi(x, y) dx dy,$$

то $g(x, y)$ называется обобщѐнной частной производной по x от функции

$f(x, y)$. Если функция f непрерывна и имеет непрерывную частную производную $f_x = \frac{\partial f}{\partial x}$, то обобщённая производная совпадает с f_x . Аналогично вводятся обобщённая производная $\frac{\partial f}{\partial y}$ и обобщённые производные для функций от большего числа переменных. Ещё более общее понятие производной вводится в теории *обобщённых функций*.

обобщённая функция / generalized function, distribution // verallgemeinerte Funktion, Distribution f : обобщение понятия функции, позволяющее описывать такие «сингулярные» объекты, как точечные массы и заряды. Обобщённая функция f — это линейный непрерывный *функционал*, определённый на множестве основных, или пробных, функций. Основные функции — это бесконечно дифференцируемые финитные функции $\phi(x)$ ($x \in \mathbf{R}^n$); функция называется финитной, если она равна нулю вне некоторой ограниченной области. Множество основных функций образует *линейное пространство*, обозначаемое K или D ; употребительны и другие основные пространства, в частности, S — пространство Л. Шварца (Laurent Schwartz, 1915–2002) функций, быстро убывающих на бесконечности. Далее в тексте для простоты изложения рассматривается одномерный случай, т.е. $x \in (-\infty, +\infty)$.

В пространстве K вводится понятие сходимости: говорят, что последовательность функций $\phi_n(x)$ сходится к 0 в пространстве K , если: а) существует промежуток, вне которого все $\phi_n(x)$ равны 0; б) для каждого $k = 0, 1, 2, \dots$ при $n \rightarrow \infty$ последовательность $\frac{d^k}{dx^k} \phi_n(x)$ сходится к 0 *равномерно* относительно x .

Результат действия функционала f на основную функцию $\phi(x) \in K$ — число, записываемое в виде (f, ϕ) или $(f(x), \phi(x))$, или (условно) в виде $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\phi(x)dx$. Линейность функционала означает, что $(f, \alpha\phi + \beta\psi) = \alpha(f, \phi) + \beta(f, \psi)$ для любых функций $\phi(x), \psi(x) \in K$ и любых постоянных α, β , а непрерывность — что $(f, \phi_n) \rightarrow 0$ для любой последовательности $\phi_n(x)$, сходящейся к нулю в пространстве K .

Некоторые обобщённые функции порождаются обычными *локально интегрируемыми* функциями: обычной функции $f(x)$ можно сопоставить функционал f по правилу $(f, \phi) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\phi(x) dx$, где интеграл понимается как *интеграл Римана* (возможно, несобственный). Такие функционалы называются регулярными обобщёнными функциями, а все прочие — сингулярными обобщёнными функциями. Важный пример сингулярной обобщённой функции — *дельта-функция* $\delta(x)$, определяемая формулой $(\delta(x), \phi(x)) = \phi(0)$.

В множестве обобщённых функций вводятся операции: сложение, умножение на число, умножение на гладкую функцию, дифференцирование и другие операции. Например, производная от *функции Хевисайда* равна дельта-функции: $\theta'(x) = \delta(x)$. Это равенство означает, что для любой основной функции $\phi(x)$ имеет место соотношение $(\theta(x), -\phi'(x)) = \phi(0)$.

обобщённые импульсы / generalized momentums // verallgemeinerte Impulse: физические величины p_i , определяемые формулами $p_i = \partial T / \partial \dot{q}_i$, где T — кинетическая энергия данной механической системы, выраженная через её обобщенные скорости $\dot{q}_i$ (производные *обобщенных координат* q_i). Число обобщенных импульсов равно числу обобщенных координат, т.е. числу степеней свободы системы. Размерность обобщенного импульса зависит от размерности соответствующей обобщенной координаты. Если q_i имеет размерность длины, то p_i имеет размерность обычного импульса (произведения массы на скорость). Если обобщенной координатой является угол (безразмерная величина), то соответствующий обобщенный импульс имеет размерность *момента импульса*.

обобщённые координаты / generalized coordinates // verallgemeinerte Koordinaten: независимые параметры q_i , $i = 1, 2, \dots, s$, однозначно определяющие положение системы. Число обобщенных координат равно числу s степеней свободы системы. Обобщенные координаты используются тогда, когда на движение системы наложены *связи*, ограничивающие возможные её движения. Например, если материальная точка может перемещаться только по поверхности сферы, то в качестве обобщенных координат удобно выбрать два угла сферической системы координат (в частности, географические широту и долготу для точки на поверхности Земли). При использовании обобщенных координат связи, наложенные на движение, учитываются автоматически, и число уравнений, описывающих движение системы, совпадает с числом степеней свободы.

обобщённый / generalized // verallgemeinert: более общий, имеющий более широкую область применимости.

обозначение / designation, notation // Bezeichnung f : в математике и физике — имя, которое дают объекту для того, чтобы отличать его от других. Например, $\sin$ — обозначение функции «синус», v — обозначение скорости. Выбор удобных обозначений может значительно облегчить понимание изучаемого вопроса.

обозначить / denote (by), designate // bezeichnen: дать объекту *обозначение*.

обойти 1) to go around // herumgehen (um): совершить (полный) *обход* вокруг чего-либо; 2) to bypass, to skip // umgehen, ausweichen: обойти препятствие — временно изменить направление движения с целью избежать столкновения с препятствием.

оболóчка / envelope, cover, shell, hull // Umhüllung f : 1) тонкая гибкая или жёсткая плёнка («скорлупа»), окружающая какое-либо тело; 2) в механике — упругое тело, ограниченное двумя поверхностями, находящимися близко друг от друга; 3) в математике: линейная оболочка векторов (linear hull [or: span] of vectors // lineare Hülle) — множество *линейных комбинаций* этих векторов.

оборóт 1 / turn, revolution // Umdrehung f , Wendung f : поворот на 360° . «Сверло вращается со скоростью 50 оборотов в секунду» / the drill makes 50 turns per second // der Bohrer dreht sich mit 50 Umdrehungen pro Sekunde.

оборóт 2 / expression, turn (of speech) // Redewendung f : оборот речи, выражение.

оборóт 3 / turnover // Umsatz m : товарооборот, торговый оборот.

оборóт 4 / back // Rückseite f , Kehrseite f : обратная сторона листа бумаги. Сокращение: «см. на обороте» / P.T.O. (please turn over) // b.w. (bitte wenden).

оборúдование / equipment, outfit // Ausstattung f , Ausrüstung f : совокупность приборов, аппаратов, инструментов, собранных для оснащения лаборатории или рабочего места.

обосновáние / proof, ground, justification // Begründung f : доказательство, объяснение, мотивировка, подтверждение.

обработ́ка да́нных / data processing // Datenverarbeitung f : приведение в определённый порядок и переработка совокупности данных, полученных из физического эксперимента или из источников экономической информации. Обработка данных эксперимента: см. *обработка наблюдений*.

обработ́ка наблюде́ний, обработка измерений / observation [or: measurement] processing // Messdatenverarbeitung f : основанная на *теории вероятностей* процедура, предназначенная для нахождения приближённого значения $\bar{x}$ измеряемой величины x и границ возможного отклонения $\bar{x}$ от истинного значения. Пусть в результате n независимых равноточных измерений (см. *теория ошибок*) величины x получены значения $x_1, \dots, x_n$. В качестве приближения, или *статистической оценки*, для x обычно берут среднее арифметическое: $x \approx \bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + \dots + x_n)$, а разности $\Delta_1 = x_1 - \bar{x}, \dots, \Delta_n = x_n - \bar{x}$ называют кажущимися ошибками. Выбор $\bar{x}$ в качестве приближения для x оправдан тем, что при достаточно большом числе n равноточных измерений, лишённых *систематической ошибки*, величина $\bar{x}$ с вероятностью, сколь угодно близкой к единице, сколь угодно мало отличается от x (см. *закон больших чисел*). Оценка $\bar{x}$ — несмещённая, т.е. её математическое ожидание равно x . Для статистической оценки дисперсии σ^2 отдельных измерений (если она неизвестна заранее) пользуются величиной $s^2 = \frac{1}{n-1}(\Delta_1^2 + \dots + \Delta_n^2)$; эта оценка несмещённая. О качестве полученных приближений судят с помощью *доверительных оценок*.

о́браз 1 / image // Bild n : в математике — при *отображении* f множества A в множество B образом элемента $x \in A$ называется элемент $y \in B$ такой, что $f(x) = y$. Элемент x называется при этом прообразом элемента y . Аналогично, образ подмножества $A_1 \subset A$ есть множество

элементов вида $f(x)$, $x \in A_1$. «Образ точки, образ кривой» / image of a point, image of a curve // Bildpunkt m , Bildkurve f .

образ 2 / form, way, manner // Art f , Weise f : способ. «Образ жизни» / way of life, way of living // Lebensart f , Lebensweise f /// «таким образом, мы нашли решение» / thus we have found the solution // wir haben also die Lösung gefunden /// «главным образом» / mainly // hauptsächlich, vorwiegend /// «следующим образом» / as follows, in this way, in the following manner // folgendermaßen.

образец / specimen, sample, model, pattern // Muster m , Vorbild n : стандартный, эталонный экземпляр; пример для подражания.

Т-образный / T -shaped // T -weise: имеющий форму буквы T .

образование 1 / education // Bildung f , Ausbildung f : обучение (в начальной, средней или высшей школе); результат обучения. «Профессиональное образование» / vocational training // Berufsausbildung f .

образование 2 / formation // Bildung f , Entstehung f : возникновение какого-либо нового объекта (опухоли; облаков; нового поселения).

образующая / generatrix, generator, generating line // Erzeugende f : образующая *цилиндра* или *конуса* — одна из прямых линий, из которых состоит боковая поверхность цилиндра (конуса).

обратимые процессы / reversible processes // reversible Prozesse, umkehrbare Prozesse: в термодинамике — процессы перехода *термодинамической системы* из одного состояния в другое, допускающие возможность её возвращения в первоначальное состояние через ту же последовательность промежуточных состояний, что и в прямом процессе, но проходящих в обратном порядке. Обратимый процесс характеризуется столь медленным изменением термодинамических параметров (плотности, давления, температуры и т.п.), что его можно рассматривать как непрерывный ряд равновесных состояний. Такие процессы называют также квазистатическими или квазиравновесными. Они должны протекать медленно по сравнению с процессами установления термодинамического равновесия (по сравнению с процессами *релаксации*).

Обратимый процесс — одно из основных понятий термодинамики. Реальные процессы протекают с конечной скоростью и сопровождаются рассеянием (диссипацией) энергии. Поэтому обратимые процессы представляют собой идеализацию реальных процессов, протекающих столь медленно, что необратимыми явлениями для них можно пренебречь.

обратимый / invertible // umkehrbar, invertierbar: в математике — имеющий обратный: обратимый *оператор*, обратимая функция, обратимая *матрица*.

обратная задача / inverse problem // inverses Problem: общее название для задач, в которых заданные и искомые величины соответствуют искомым и заданным величинам в традиционно поставленных «прямых» задачах.

Например, если нахождение корней заданного *квадратного уравнения* считать прямой задачей, то обратной задачей будет нахождение коэффициентов уравнения по его заданным корням; если в качестве прямой задачи поставить нахождение *собственных чисел матрицы*, то восстановление матрицы по её собственным числам будет обратной задачей.

Обратные задачи возникают в *механике*, в теории распространения волн, в *теории операторов*. В частности, обратная задача динамики — задача определения движения (т.е. состояния в любой момент времени) по известным силам и начальным условиям (начальному состоянию); в теории рассеяния волн — задача восстановления структуры рассеивателя по наблюдаемой картине рассеяния (например, определение структуры кристалла по наблюдаемой картине дифракции рентгеновского излучения).

обратная матрица / reciprocal matrix, inverse matrix // inverse Matrix, reziproke Matrix: пусть A — квадратная $n \times n$ матрица, E — единичная матрица. Если существует $n \times n$ матрица B такая, что $AB = E$, то B называется обратной матрицей к A (или по отношению к A) и обозначается A^{-1} ; при этом справедливо равенство $A^{-1}A = AA^{-1} = E$. Для существования A^{-1} необходимо и достаточно, чтобы $\det A \neq 0$ (см. *определитель*). Обратную матрицу можно вычислить, пользуясь *формулами Крамера*, или — что более экономно — *методом Гаусса*. В методе Гаусса к матрице A приписывают справа единичную матрицу E , отделив её чертой; получается «расширенная матрица»: $(A|E)$. Опираясь со строками расширенной матрицы так же как при решении *линейной системы*, приводят левую часть этой матрицы к единичной матрице; при этом в правой части возникает искомая обратная матрица.

Для неквадратных матриц вводят понятия левой и правой обратных матриц. Если $AB = E$, то B называют правой обратной матрицей (right inverse matrix // rechte Reziproke, rechtsinverse Matrix) к A , а A называют левой обратной матрицей (left inverse matrix // linke Reziproke, linksinverse Matrix) к B .

Например, $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$. Если существует правая обратная матрица B к A , то одно из решений системы $A\vec{x} = \vec{y}$ есть $B\vec{y}$ (могут существовать и другие решения); если существует левая обратная матрица C к A и при этом система $A\vec{x} = \vec{y}$ разрешима, то решение единственно. Для квадратных матриц левая и правая обратные матрицы совпадают с обратной матрицей.

обратная связь / feedback // Feed-back n , Rückkopplung f : в управляемой системе — передача информации от выходного устройства системы к её управляющему устройству. Управляемая система вырабатывает некоторый выходной продукт (товар, электрический сигнал, числовые данные), свойства

которого зависят от состояния системы, причем этим состоянием можно управлять при работе системы, подавая информацию к её управляющему устройству. Обратная связь автоматически корректирует работу управляемой системы, изменяя состояние системы в зависимости от результата её работы. В электрорадиотехнике обратную связь применяют в генераторах электрических колебаний для их «раскачки» (положительная обратная связь) и в усилительных устройствах для подавления нелинейных искажений (отрицательная обратная связь). В экономической жизни принцип обратной связи используется практически всегда, поскольку по результатам деятельности предприятия руководство принимает (или должно принимать) соответствующие корректирующие меры.

обратная функция / inverse function // Umkehrfunktion f : пусть X — область определения, Y — множество значений функции $f(x)$, т.е. $Y = \{y\}$, $y = f(x)$, $x \in X$. Правило, сопоставляющее каждому $y \in Y$ все такие x , что $f(x) = y$, называется обратной функцией по отношению к функции $f(x)$. Вообще говоря, обратная функция неоднозначна; обычно термин «обратная функция» применяют к однозначным функциям. Если функция такова, что для любых $x_1, x_2 \in X$, таких что $x_1 \neq x_2$, справедливо неравенство $f(x_1) \neq f(x_2)$, то обратная функция *однозначна*: любому $y \in Y$ соответствует ровно одно $x \in X$. В этом случае как сама функция, так и её обратная задают *взаимно однозначное соответствие* между элементами множеств X и Y . Достаточное условие существования однозначной обратной функции для функции одного числового *вещественного* аргумента: если функция $f(x)$ *монотонна*, то существует однозначная обратная функция, и она также монотонна. Функцию, обратную к функции f , обозначают f^{-1} , её область определения есть Y , а множество значений X , причём $f(x) = y$, $f^{-1}(y) = x$. За некоторыми обратными функциями закреплены специальные обозначения, например, $\arcsin$ есть обратная функция к $\sin$. См. также *аркфункция*.

обратное преобразование / inverse transform // inverse Transformation: пусть на множестве M функций f задано преобразование U , сопоставляющее каждой функции $f \in M$ её образ — функцию $\tilde{f} = Uf$. Обратное преобразование U^{-1} сопоставляет функции $\tilde{f}$ исходную функцию: $U^{-1}\tilde{f} = f$; при этом f называют прообразом функции $\tilde{f}$. См. *преобразование Лапласа* и *преобразование Фурье*.

обратно пропорциональный / inversely proportional // umgekehrt proportional: две числовые переменные x и y связаны обратно пропорциональной зависимостью, если произведение этих переменных постоянно: $xy = C$. В этом случае говорят, что y обратно пропорциональна x , а x обратно пропорциональна y . Если обе переменные — *вещественные* величины, то *график* обратно пропорциональной зависимости на плоскости xy —

гипербола, асимптоты которой совпадают с осями x и y .

обратные тригонометрические функции / inverse trigonometric functions // Arkusfunktionen pl , inverse der trigonometrischen Funktionen: *арксинус, арккосинус, арктангенс, арккотангенс*. Обратные функции секанса и косеканса на практике не употребляются.

обратный порядок / reverse order // umgekehrte Reihenfolge: если элементы конечной последовательности $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ перечислить в обратном порядке, то получится последовательность $x_n, x_{n-1}, \dots, x_2, x_1$.

обращаться в нуль / vanish, become zero, turn to zero // verschwinden, Null werden: быть равным нулю; иметь нулевой предел.

обращение / inversion, reversion // Umkehrung f : в математике — вычисление обратной *матрицы*, обратного *оператора*, *обратного преобразования*. «Формула обращения» / inversion formula // Umkehrformel f /// «Обращение ряда» / reversion of a series /// Umkehrung einer Reihe.

обращение времени / time reversal // Zeitumkehr f : математическая операция перемены знака времени в уравнениях, описывающих развитие во времени какой-либо физической системы. Такая замена соответствует существующей в природе симметрии, согласно которой фундаментальные взаимодействия инвариантны относительно обращения времени: для любого возможного движения системы может осуществляться обращённое движение. Несмотря на то, что элементарные микропроцессы обратимы во времени, макроскопические процессы с участием очень большого числа частиц идут только в одном направлении, а именно к состоянию термодинамического равновесия (см. *второе начало термодинамики*). В статистической физике этот парадокс объясняется тем, что состоянию макроскопического равновесия соответствует неизмеримо бо́льшая совокупность микросостояний, чем неравновесным состояниям.

обращение матрицы / inversion of matrix // Matrixinversion f , Umkehrung einer Matrix: вычисление *обратной матрицы*.

обрезать / truncate, break-off // abbrechen: функцию, заданную на полуоси $[a, +\infty)$, заменять нулём или константой при $x > b$, где b — некоторое число, бо́льшее чем a . Аналогично можно обрезать функцию, заданную при $x \in (-\infty, a]$. Примечание: обрезать — совершенная форма от глагола обрезать.

обслуживание / service, maintenance, care // Bedienung f : выполнение заказа. «Теория массового обслуживания» / queuing theory // Bedienungstheorie f , Warteschlangentheorie f .

обсуждение / discussion, argument // Erörterung f , Besprechung f , Diskussion f , Auseinandersetzung f : обсуждение какого-либо вопроса — беседа, дискуссия, спор вокруг этого вопроса.

обтекаемая форма / streamline shape // Stromlinienform f : обтекаемая

форма — форма предмета такая, что при обтекании его потоком жидкости или газа не создаётся завихрений.

обте́кание / flow // Umströmung *f*, Umfließen *n*: в механике — движение потока жидкости или газа вокруг и мимо данного предмета. Плавное, или ламинарное, обтекание: / laminar flow, streamline flow // laminare Umströmung.

обте́кающий / circulating, flowing around // umfließend: обтекающий поток — поток, движущийся вокруг и проходящий мимо данного предмета.

обусло́вленность / condition // Konditionierung *f*: понятие, применяемое в *вычислительной математике*. Числом обусловленности квадратной матрицы A порядка n называется число $\text{cond } A = \|A\| \cdot \|A^{-1}\|$, где $\|A\| = (\sum_{i,j=1}^n a_{ij}^2)^{1/2}$, A^{-1} — матрица, обратная к A . В процессе численного

решения *систем линейных алгебраических уравнений* накапливаются погрешности округления, причём суммарная погрешность приблизительно пропорциональна $\text{cond } A$. Матрица A , число обусловленности которой порядка единицы, называется хорошо обусловленной, в противоположном случае A называется плохо обусловленной (*ill-conditioned matrix* // schlechtkonditionierte Matrix); для работы с плохо обусловленными системами требуются специальные приёмы.

обхо́д 1 / going round, going around // Runde *f*, Rundgang *m*: движение по замкнутому пути с возвращением в исходную точку.

обхо́д 2 / bypass // Umweg *m*: обход препятствия — изменение направления движения с целью обойти препятствие.

о́бщая су́мма / total, total sum, sum total // Endsumme *f*, Gesamtsumme *f*: в математике — сумма всех слагаемых. В экономических вопросах: / sum total // Gesamtbetrag *m*, Pauschale *f*, Pauschalsumme *f*: полная сумма (денег), включающая все составляющие части.

о́бщая тео́рия относительности (ОТО) / general relativity theory // allgemeine Relativitätstheorie: современная физическая теория пространства, времени и тяготения, построенная на основе *теории относительности*. ОТО создана А. Эйнштейном к 1915 г. В основе общей теории относительности лежит равенство *инертной массы* (входящей во второй закон Ньютона) и *гравитационной массы* (входящей в закон всемирного тяготения) для любого материального тела. Это равенство проверено на эксперименте с высокой точностью. Обобщение равенства инертной и гравитационной массы приводит к *принципу эквивалентности*, согласно которому инерция и тяготение, будучи разными проявлениями свойств материи, неразрывно связаны друг с другом и количественно характеризуются одной и той же величиной — *массой*. Одно из проявлений принципа эквивалентности заключается в том, что движение любого тела в поле тяготения не зависит

от его массы. Это позволяет в рамках общей теории относительности трактовать гравитацию не как силовое поле, а как искривление пространственно-временного континуума.

общая точка / common point // Schnittpunkt m : в геометрии — точка пересечения.

общее решение / general solution // allgemeine Lösung: в алгебре: общее решение системы линейных алгебраических уравнений $A\vec{x} = \vec{f}$ — семейство векторов вида $\vec{x} = \vec{x}_0 + C_1\vec{u}_1 + \dots + C_m\vec{u}_m$, где $\vec{x}_0$ — частное, т.е. какое-нибудь фиксированное, решение неоднородной системы $A\vec{x} = \vec{f}$, $\vec{u}_1, \dots, \vec{u}_m$ — линейно независимые решения однородной системы $A\vec{u} = 0$, $C_1, \dots, C_m$ — произвольные постоянные.

В теории обыкновенных дифференциальных уравнений: общее решение дифференциального уравнения $y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)})$ — семейство функций $y = \phi(x, C_1, \dots, C_n)$, зависящее от n параметров $C_1, \dots, C_n$ («произвольных постоянных»), причём при соответствующем выборе значений параметров можно получить любое заданное решение уравнения. Понятие общего решения обобщается на системы обыкновенных дифференциальных уравнений и на дифференциальные уравнения с частными производными.

общее число / total number // Gesamtzahl f : полное, суммарное количество каких-либо предметов.

общий 1 / common // gemeinsam: общий с кем-либо (чем-либо), совместный, например, числа 84 и 90 имеют общие делители 2, 3 и 6, из них 6 — наибольший общий делитель.

общий 2 / total, aggregate // allgemein, Gesamt=: полный, целый, суммарный, содержащий все составные части, например, общая сумма.

общий доход / aggregate income // Gesamteinkommen n : полный доход.

общий знаменатель / common denominator // gemeinsamer Nenner: общий знаменатель двух или более арифметических дробей — натуральное число N такое, что это число делится нацело на каждый из знаменателей данных дробей. Для приведения дробей $\frac{m}{n}$ и $\frac{p}{q}$ к общему знаменателю достаточно умножить числитель и знаменатель 1-й дроби на q , 2-й дроби — на n . Обычно в качестве общего знаменателя используют наименьшее общее кратное знаменателей данных дробей.

общий интеграл / general integral // allgemeines Integral: общий интеграл обыкновенного дифференциального уравнения n -го порядка $y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)})$ — это общее решение уравнения, записанное в неявном виде: $\Phi(x, y, C_1, \dots, C_n) = 0$.

общий наибольший делитель: см. наибольший общий делитель.

общий наименьший знаменатель: см. наименьший общий знаменатель.

объединение / union // Vereinigung f : в математике — объединением (или суммой) множеств A и B называется множество $A \cup B$, элементы которого принадлежат множеству A или множеству B , или обоим этим множествам. Примеры: 1) пусть $A = \{1, 3, 5, 7\}$, $B = \{0, 3, 7, 12\}$, тогда $A \cup B = \{0, 1, 3, 5, 7, 12\}$; 2) пусть $A = (-\infty, 0)$, $B = [0, 1]$, тогда $(-\infty, 1]$.

объединённый / unified // vereinigt: единый объект, составленный из нескольких объектов.

объект / object, item, unit // Objekt n , Gegenstand m : предмет рассмотрения или обсуждения. «Движущийся объект» / moving object, moving target // ein bewegliches Ziel.

объектив / lens, objective // Objektiv n : часть оптической системы (или самостоятельная оптическая система), формирующая действительное оптическое изображение предмета. Это изображение либо рассматривают в окуляр, либо регистрируют с помощью светочувствительной поверхности фотопленки или фотокатода телевизионной трубки, матрицы цифровой фотокамеры и т.п. Существует большое число типов объективов, различающихся по конструкции, назначению и области применения.

объём / volume, size // Volumen n : объём трёхмерного тела — числовая характеристика, описывающая пространственный размер тела. Объём *прямоугольного параллелепипеда* (п.п.) равен произведению длин трёх рёбер, выходящих из одной вершины параллелепипеда. В случае, когда тело можно разбить на конечное множество п.п., объём тела равен сумме их объёмов. Объём *многогранника* равен *точной верхней границе* объёма всевозможных тел, составленных из п.п. и лежащих внутри многогранника. Объём тела B , ограниченного *кусочно-гладкой* поверхностью, равен точной верхней границе объёма всех многогранников, вписанных в тело; он может быть вычислен как *тройной интеграл*: $V = \iiint_B dx dy dz$. См. также *призма, пирамида, цилиндр, конус, шар*.

объём выборки / sample size // Stichprobenumfang m : в *статистике*: количество элементов *выборки*.

объёмные силы / mass forces, bulk forces // Volumenkräfte pl : силы, приложенные ко всем элементам объема, на которые можно мысленно разделить тело. Например, объемными будут силы тяжести, действующие на все элементы объема протяженного тела. Напротив, силы давления окружающей тело среды (воздуха, воды), как и силы сопротивления движению тела, будут *поверхностными силами*, так как приложены к элементам внешней поверхности, ограничивающей тело.

объёмный заряд / space charge // Raumladung f : электрический заряд, распределенный в пространстве (*пространственный заряд*), в противоположность *поверхностному заряду*, сосредоточенному на поверхности, ограничивающей

тело.

объёмный резона́тор / cavity resonator // Hohlraumresonator *m*: замкнутая полость с хорошо проводящими стенками, внутри которой могут существовать собственные *электромагнитные колебания*. Наибольшее распространение получили объёмные резонаторы цилиндрической и тороидальной формы. Чаще всего объёмные резонаторы используются в режиме основного *нормального колебания*, обладающего наинизшей собственной частотой. Период собственных колебаний, соответствующих основной *моде*, не превышает времени прохождения волны между наиболее удалёнными стенками резонатора. Поэтому объёмные резонаторы применяются только для волн СВЧ диапазона и выше. *Добротности* объёмных резонаторов в диапазоне СВЧ достигают 10^3 , а при использовании сверхпроводящих стенок — 10^6 .

объём па́мяти / storage space // Speicherkapazität *f*: в информатике — количество ячеек в запоминающем устройстве компьютера.

объясне́ние / explanation // Erläuterung *f*, Erklärung *f*: в физике: объяснение явления — основанное на физических законах описание причин и свойств данного явления, чаще всего с использованием некоторой упрощённой модели, допускающей математическое описание.

обыкновенная дробь, арифметическая дробь / common fraction, ordinary fraction, vulgar fraction // gewöhnlicher Bruch, gemeiner Bruch: дробное число вида $\frac{m}{n}$, где m и n — целые числа ($n \neq 0$). Дробь называется правильной, если $|m| < |n|$; в противном случае — неправильной. Всякая обыкновенная дробь может быть представлена в виде конечной или периодической *десятичной дроби*.

обыкновенная то́чка / regular point // gewöhnlicher Punkt: 1) для дифференциального уравнения $P(x, y)dx + Q(x, y)dy = 0$ на плоскости Oxy точки (x, y) , в которых $P(x, y) \cdot Q(x, y) \neq 0$, называются неособыми, или обыкновенными точками. 2) Для дифференциального уравнения $w'' + p(z)w' + q(z)w = 0$, рассматриваемого на *комплексной плоскости* z , точки, в которых оба коэффициента $p(z)$ и $q(z)$ — *регулярные функции*, называются неособыми, или обыкновенными точками. См. также *особая точка*.

обыкновенное дифференциальное уравне́ние [сокр: ОДУ] / ordinary differential equation [сокр: ODE] // gewöhnliche Differentialgleichung, Differentialgleichung *f*: *дифференциальное уравнение*, в котором искомая функция зависит только от одной переменной. Общий вид ОДУ n -го порядка: $F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0$, где x — независимая переменная, $y = y(x)$ — искомая функция, $y', y'', \dots, y^{(n)}$ — её производные соответствующего порядка. ОДУ, разрешённое относительно старшей производной: $y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)})$. См. также *линейное дифференциальное уравнение*.

обыкновенный дифференциальный опера́тор / ordinary differ-

ential operator // Differentialoperator m , gewöhnlicher Differentialoperator: *оператор* в пространстве функций от одной переменной, действие которого задано обыкновенным дифференциальным выражением, например, оператор A , определённый формулой $Ay(x) = \frac{d^2}{dx^2}y(x)$ на функциях $y(x)$, дважды непрерывно дифференцируемых на отрезке $[0, 1]$ и удовлетворяющих граничным условиям $y(0) = y(1) = 0$.

ова́л / oval // Oval n : общее название для любой плоской гладкой замкнутой выпуклой кривой. Овал имеет не менее четырёх точек экстремума *кривизны*. Пример овала: *эллипс*.

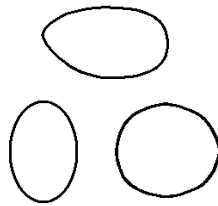


Рис. 116: Овалы

огиба́ющая / envelope // Enveloppe f , Einhüllende f : в математике: огибающая семейства кривых $F(x, y, C) = 0$ на плоскости (x, y) — линия, касающаяся каждой из кривых данного семейства. Пример: семейство окружностей $(x - C)^2 + y^2 = a^2$ имеет две огибающие — прямые $y = \pm a$. Для нахождения огибающей семейства $F(x, y, C)$ надо исключить параметр C из системы уравнений $F(x, y, C) = 0$, $\frac{\partial F(x, y, C)}{\partial C} = 0$.

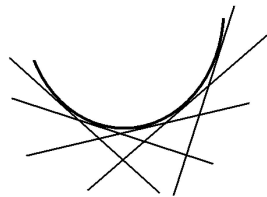


Рис. 117: Огибающая

ограниче́ние / restriction // Einschränkung f : 1) пусть функция $f(x)$ определена на множестве D . Ограничением (или сужением) функции $f(x)$ на подмножество $D' \subset D$ называется правило, сопоставляющее каждому элементу $x \in D'$ значение функции $f(x)$. Другими словами, ограничение функции на подмножество её области определения — это та же функция, но применяемая к некоторым из всех возможных значений аргумента. Ограничение $f(x)$ на D' обозначается $f(x)|_{D'}$.

2) ограничение общности — постановка дополнительных условий, сужающих область применимости какого-либо утверждения. «Без ограничения общности» / without loss of generality [сокр: WLOG] // ohne Verlust der Allgemeinheit, unbeschränkt.

ограниченный / bounded // beschränkt: числовая *последовательность* $\{x_n\}$ называется ограниченной, если существует постоянное число C такое, что $|x_n| \leq C$ при всех $n = 1, 2, 3, \dots$. Числовая функция $f(x)$, определённая на множестве D , называется ограниченной на этом множестве, если существует постоянное число C такое, что $|f(x)| \leq C$ при всех $x \in D$.

Множество точек на прямой (на плоскости, в пространстве) называется ограниченным, если оно полностью содержится в каком-нибудь отрезке (соответственно, в каком-нибудь круге, в каком-нибудь шаре).

ограниченный оператор / bounded operator // beschränkter Operator: *линейный оператор* A , действующий из *банахова пространства* X в банахово пространство Y , называется ограниченным, если он определён на всём пространстве X и существует постоянное число B такое, что $\|Ax\|_Y \leq B\|x\|_X$ для всех $x \in X$ (здесь $\|f\|_Z$ означает *норму* в соответствующем пространстве). Например, в пространстве функций, непрерывных на отрезке $[a, b]$ с нормой $\|f\|_C = \max_{a \leq t \leq b} |f(t)|$, *интегральный оператор* Фредгольма с непрерывным ядром ограничен, а дифференциальный оператор $\frac{d}{dx}$ не ограничен. Ограниченный линейный оператор является непрерывным: если $x_n \rightarrow x$ при $n \rightarrow \infty$, то $Ax_n \rightarrow Ax$. В *конечномерном* пространстве всякий линейный оператор ограничен.

ограниченный сверху, *полуограниченный сверху* / bounded (from) above // nach [oder: von] oben beschränkt: последовательность *вещественных чисел* $x_1, x_2, x_3, \dots$ называется ограниченной сверху, если существует число B такое, что $x_n \leq B$ при всех $n = 1, 2, 3, \dots$. Функция $f(x)$, принимающая на множестве D вещественные значения, называется ограниченной сверху, если существует число B такое, что $f(x) \leq B$ при всех $x \in D$.

ограниченный снизу, *полуограниченный снизу* / bounded (from) below // nach [oder: von] unten beschränkt: последовательность *вещественных чисел* $x_1, x_2, x_3, \dots$ называется ограниченной снизу, если существует число B такое, что $x_n \geq B$ при всех $n = 1, 2, 3, \dots$. Функция $f(x)$, принимающая на множестве D вещественные значения, называется ограниченной снизу, если существует число B такое, что $f(x) \geq B$ при всех $x \in D$.

одноатомный газ / monoatomic gas // einatomiges Gas: газ, молекулы которого состоят из одного атома, например, гелий, неон, аргон и др. благородные (инертные) газы.

одновалентный / univalent, one-valent // univalent, 1-Valenz: а) в химии: одновалентный атом — атом, способный отдавать или присоединять

один электрон внешней оболочки при образовании химических связей с другими атомами; б) в математике: одновалентный *тензор* имеет валентность равную 1.

одновременно / simultaneously // gleichzeitig: в одно и то же время.

однозначно / uniquely // eindeutig: единственным образом. «Взаимно однозначно» / on-to-one // eineindeutig.

однозначное отображение / single-valued mapping, univalent mapping // eindeutige Abbildung: *отображение*, при котором образ каждого элемента состоит ровно из одного элемента (в отличие от *многозначного отображения*).

однозначный / single-valued, univalent // eindeutig: однозначная *функция* сопоставляет каждому значению аргумента ровно одно значение. Однозначная функция задаёт *однозначное отображение* своей области определения на область значений. Обычно термин «функция» употребляется в смысле «однозначная функция».

однокомпонентный / one-component // einkomponent: в физике: однокомпонентный газ состоит из молекул одного сорта, например, кислород, в то время как воздух — газ многокомпонентный. В математике: однокомпонентная величина — то же, что *скалярная величина*.

однокомпонентная система / one-component system // einkomponentes System: термодинамическая система, в состав которой входят атомы или молекулы только одного сорта. Однокомпонентная система может быть многофазной, т.е. включать в себя одно и то же вещество в разных агрегатных состояниях, разделенных межфазными границами, например, вода в жидком и твердом (лёд) состояниях.

однократный / simple // einfach: однократный, или простой, корень уравнения — корень, имеющий кратность единица (см. *кратность*). «Однократное собственное значение» / simple eigenvalue // einfacher Eigenwert: *собственное значение*, которому соответствует одна линейно независимая *собственная функция*.

однолистная функция / simple function, schlicht function // schlichte Funktion, einblättrige Funktion: функция называется однолистной, если она задаёт *взаимно однозначное* отображение своей области определения на множество значений. Однолистная функция имеет однозначную *обратную функцию*. Однолистные функции играют важную роль в теории *конформных отображений*.

одномерное движение / one-dimensional motion // eindimensionale Bewegung: движение системы с одной *степенью свободы*, например, движение материальной точки вдоль заданной кривой. Такой вид движения реализуется при наложении *связей*, ограничивающих число степеней свободы. Одномерное движение характеризуется единственной *обобщенной координатой*.

Для точки, движущейся вдоль заданной кривой, в качестве такой координаты можно выбрать расстояние вдоль этой кривой от фиксированной точки, принятой за начало отсчета.

одноме́рный / one-dimensional // eindimensional: в геометрии — имеющий *размерность* единица. В *программировании*: одномерный массив — *массив*, элементы которого занумерованы одним индексом, например, переменные $A(1)$, $A(2)$, $A(3)$ составляют «одномерный массив длины 3» (геометрический смысл такого массива — трёхмерный вектор).

о́дномéстная опе́рация, унарная операция / unary operation // einstellige Operation, unäre Operation: операция, применяемая к одному объекту, например, перемена знака числа или извлечение корня из числа. Пример двухместной операции — сложение двух чисел.

о́дно-однозна́чное соотве́тствие: то же, что *взаимно однозначное соответствие*.

однопараметри́ческий / one-parameter // einparametrig: зависящий от одного *параметра*, например, однопараметрическое семейство парабол $y = ax^2$, где a — параметр.

однопо́лостный гиперболо́ид / one-sheeted hyperboloid // einschaliges Hyperboloid: *поверхность второго порядка*, каноническое уравнение которой в прямоугольных координатах x, y, z имеет вид $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$, где a, b, c — положительные постоянные. Данная поверхность — линейчатая, т.е. она состоит из прямых линий, и её можно получить как след при перемещении прямой линии в пространстве. Например, если прямую линию $x = 1$, $y = z$ «жёстко скрепить» с окружностью $x^2 + y^2 = 1$ в точке $(1, 0, 0)$ и затем вращать эту конструкцию как единое целое вокруг оси z , то получится однополостный гиперboloид $x^2 + y^2 - z^2 = 1$. Эта же поверхность получится при вращении *гиперболы* $x^2 - z^2 = 1$ вокруг оси z . См. также *гиперболоид*.

о́днорóдная среда́ / homogeneous medium // homogenes Medium: среда (пространство, заполненное веществом — газом, жидкостью, упругим веществом, плазмой), свойства которой не зависят от точки, т.е. свойства одинаковы во всех точках.

о́днорóдная фу́нкция / homogeneous function // homogene Funktion: числовая функция $f(x_1, \dots, x_n)$ называется однородной функцией степени k , если для всех точек $(x_1, \dots, x_n)$ из её области определения D и всех $t > 0$ выполняется тождество $f(tx_1, \dots, tx_n) \equiv t^k f(x_1, \dots, x_n)$; при этом предполагается, что $(tx_1, \dots, tx_n) \in D$ при всех $t > 0$. Теорема Эйлера: Для того, чтобы непрерывно дифференцируемая функция $f(x_1, \dots, x_n)$, область определения которой — *открытое множество*, была однородной

функцией степени k , необходимо и достаточно, чтобы выполнялось тождество

$$x_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + \dots + x_n \frac{\partial f}{\partial x_n} \equiv kf(x_1, \dots, x_n).$$

однорóдное пóле / homogeneous field // homogenes Feld: силовое поле, *напряженность* (силовая характеристика) которого одинакова во всех точках. Например, электрическое поле в пространстве между пластинами плоского конденсатора можно считать однородным на достаточном удалении от краев пластин; поле тяготения Земли можно приближенно считать однородным в пределах небольших областей, размеры которых малы по сравнению с радиусом Земли.

однорóдность / homogeneity // Homogenität f : в физике — одинаковость свойств во всех частях объекта. В математике — см. *однородная функция*.

однорóдный многочлén, однородный полином / homogeneous polynomial // homogenes Polynom: однородный многочлен степени m от двух переменных имеет вид $P(x, y) = a_0x^m + a_1x^{m-1}y + \dots + a_{m-1}xy^{m-1} + a_my^m$. Однородный многочлен степени m от n переменных — сумма слагаемых вида $ax_1^{k_1}x_2^{k_2}\dots x_n^{k_n}$, где $k_1 + \dots + k_n = m$. Однородный многочлен степени m является *однородной функцией* степени m .

односв́язная о́бласть / simply connected domain // einfach zusammenhängendes Gebiet: *область*, внутри которой любой *простой замкнутый контур* можно при помощи *непрерывной деформации* стянуть в точку, принадлежащую области. Всякий простой замкнутый контур на плоскости ограничивает односвязную область. Примеры односвязных областей: на плоскости — круг, многоугольник, полуплоскость, полоса; в пространстве — шар, куб, пирамида, полупространство.

односто́лбцовая ма́трица / one-column matrix, column-matrix // Spaltenmatrix f , einspaltige Matrix: *матрица*, состоящая из одного столбца: то же, что *вектор-столбец* и *матрица-столбец*.

односторóнный предел / one-sided limit // einseitiger Grenzwert: *предел слева* или *предел справа* функции в данной точке.

односторóнная пове́рхность / one-sided surface // einseitige Fläche: поверхность, имеющая только одну сторону, например, *лист Мёбиуса*.

однострóбечная ма́трица / one-row matrix, row matrix // Zeilenmatrix f , einzeilige Matrix: *матрица*, состоящая только из одной строки: то же, что *вектор-строка* и *матрица-строка*.

одночлén: то же, что *моном*.

озóн / ozone // Ozon n : газ, молекулы которого состоят из трёх атомов кислорода. Наличие озона в верхней атмосфере (озоновый слой) защищает живые организмы на поверхности Земли от вредного воздействия ультрафиолетового излучения Солнца.

окаймлённая матрица / bordered matrix // geränderte Matrix: пусть A_k и A_{k+1} — квадратные матрицы, имеющие вид:

$$A_k = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1k} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & \dots & a_{kk} \end{pmatrix}; \quad A_{k+1} = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1k} & a_{1,k+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & \dots & a_{kk} & a_{k,k+1} \\ a_{k+1,1} & \dots & a_{k+1,k} & a_{k+1,k+1} \end{pmatrix}$$

Матрица A_{k+1} называется окаймлённой по отношению к A_k . Окаймлённые матрицы употребляются в вычислительной математике.

окаймлённый определитель / bordered determinant // geränderte Determinante: определитель *окаймлённой матрицы*.

океа́н / ocean // Ozean *m*: водное пространство земного шара называется Мировым океаном (площадь около 71% всей земной поверхности). В 2000-м году принято разделение Мирового океана на пять частей: Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый, Тихий, Южный (площадь их в % приблизительно: 24, 20, 4, 47, 5). Наибольшая известная глубина 10 911 м (Марианская впадина в Тихом океане). Средняя солёность воды 3,5%.

океаноло́гия / oceanology // Ozeanologie *f*: совокупность наук, исследующих Мировой океан и его моря (океанография, физика моря, геология моря, биология моря, химия моря).

оконча́тельный вы́вод / ultimate conclusion // entgültiger Schluss: заключительный вывод, завершающий изучение вопроса.

окре́стность / neighborhood, vicinity // Umgebung *f*: в математике: окрестность точки в *евклидовом пространстве* $\mathbf{R}^n$ — шар с центром в данной точке. Именно, окрестность радиуса r точки $\vec{a} = (a_1, \dots, a_n)$ — это множество точек $\vec{x}$, координаты $x_1, \dots, x_n$ которых удовлетворяют неравенству $(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2 < r^2$. В частности, окрестность точки на прямой — интервал с центром в этой точке; на плоскости — круг с центром в этой точке. Понятие окрестности обобщается на бесконечномерные нормированные, метрические и топологические пространства. Например, в пространстве $C[a, b]$ функций, непрерывных на замкнутом отрезке $[a, b]$, с нормой $\|f(x)\| = \max_{a \leq x \leq b} |f(x)|$, окрестность радиуса r функции $g(x)$ — это множество функций $f(x) \in C[a, b]$, для которых $\|f(x) - g(x)\| < r$.

округле́ние / rounding off // Rundung *f*: а) округление десятичной дроби — отбрасывание крайней правой цифры в дробной части, например, $3,142 \approx 3,14$. При этом принято сохранять предыдущую цифру, если отбрасывали одну из цифр 1, 2, 3, 4, и увеличивать эту цифру, если отбрасывали 6, 7, 8 или 9: $3,14159 \approx 3,1416 \approx 3,142 \approx 3,14$. При отбрасывании цифры 5 применяют специальное правило: если предыдущая цифра чётная, её сохраняют, а если нечётная, то увеличивают её на 1,

например, $27,465 \approx 27,46$, но $27,435 \approx 27,44$. При округлении возникает погрешность, не превышающая 5 единиц отбрасываемого разряда: $|3,1416 - 3,142| \leq 0,0005$. б) Округление целого числа — замена нулём крайней правой цифры, например, $16\,826 \approx 16\,830 \approx 16\,800 \approx 17\,000$. Округления применяются, когда точное значение величины неизвестно или несущественно, в частности, при работе с данными физического эксперимента.

окружа́ющая среда́ / environment // Umwelt *f*: среда обитания человека; природа.

о́кружность / circle, circumference // Kreisrand *m*, Kreis *m*: плоская кривая, определяемая как множество точек плоскости, равноудалённых от центра — фиксированной точки, лежащей в той же плоскости. Хорда окружности — прямолинейный отрезок, соединяющий какие-либо две точки окружности. Хорда, проходящая через центр, называется диаметром; диаметр — наибольшая из хорд. Длину диаметра часто для краткости называют диаметром. Расстояние от любой точки окружности до центра называется радиусом. На плоскости Oxy уравнение окружности, имеющей радиус r и центр (a, b) , имеет вид $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$, где x, y — *декартовы координаты* точки окружности. Длина окружности $l = 2\pi r$, где $\pi \approx 3,1416$, см. *число π* .

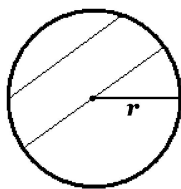


Рис. 118: Окружность, хорды, радиус

окси́д, о́кись, о́кисел / oxide // Oxid *n*: химическое соединение элемента с кислородом, например, оксид натрия Na_2O .

о́кта́ва / octave // Oktave *f*: в музыке — интервал в 12 полутонов между двумя звуками, каждый из которых имеет определённую частоту; также — результат наложения двух звуков, частоты которых отличаются на 12 полутонов. Отношение частот двух звуков, составляющих октаву, равно 2.

о́кта́нт / octant // Oktant *m*: одна из восьми частей, на которые делят трёхмерное пространство три попарно перпендикулярные *координатные плоскости* прямоугольной *декартовой системы координат*. Октант, в котором все три координаты x, y, z точек положительны, называют 1-м октантом.

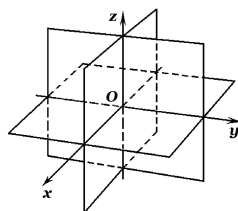


Рис. 119: Октанты

октаэдр / octahedron // Oktaeder n : один из пяти *правильных многогранников*. Восемь граней октаэдра — равные правильные треугольники. Вершин 6, рёбер 12. Октаэдр можно составить из двух равных правильных четырёхугольных пирамид, сложив их основаниями.

окуляр / eyepiece, ocular // Okular n : обращенная к глазу наблюдателя часть оптической системы (зрительной трубы, телескопа, бинокля, микроскопа и т.п.). Окуляр служит для визуального наблюдения действительного изображения предметов, формируемого *объективом*.

олово / tin // Zinn n : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Sn, номер 50).

Ом / Ohm // Ohm n : единица СИ электрического (активного) сопротивления. Названа в честь немецкого физика Г. Ома (Georg Simon Ohm, 1789–1854). 1 Ом равен сопротивлению проводника, между концами которого при силе тока 1 А возникает напряжение 1 В.

операнд / operand // Operand m : объект, к которому применяется *операция*.

оператор / operator // Operator m : пусть X и Y — *линейные пространства*. Оператором A из X в Y называется правило, сопоставляющее каждому элементу x из некоторого подмножества $D \subseteq X$ однозначно определённый элемент $Ax \in Y$. Множество D называется областью определения оператора A и обозначается $D(A)$, множество $\{Ax, x \in D\}$ называется областью значений и обозначается $R(A)$. Если $X = Y$, то A называют оператором в пространстве X . Если $D(A) = X$, а Y — числовое множество, то A называют *функционалом* на X . В качестве пространств X, Y чаще всего используются *банаховы пространства* и *гильбертовы пространства*. Важный класс операторов составляют *линейные операторы*. Теория операторов составляет важнейшую часть функционального анализа и является основным математическим аппаратом квантовой механики и математической физики.

Примеры операторов (1 – 6 — линейные операторы):

- 1) единичный оператор I : $Ix = x, \forall x \in X$.
- 2) оператор умножения на квадратную *матрицу* A в пространстве

векторов-столбцов $\vec{x} \in \mathbf{R}^n$: $A\vec{x} = A \cdot \vec{x}$.

3) оператор умножения на заданную функцию $f(t)$ в пространстве $C[a, b]$ функций $x(t)$, непрерывных на отрезке $[a, b]$: $Ax(t) = f(t)x(t)$.

4) интегральный оператор в пространстве $C[a, b]$, с ядром $K(t, \tau)$, непрерывным в квадрате $[a, b] \times [a, b]$: $Ax(t) = \int_a^b K(t, \tau)x(\tau)d\tau$.

5) оператор дифференцирования A из пространства непрерывных функций, имеющих непрерывную производную, в пространство непрерывных функций: $Ax(t) = \frac{d}{dt}x(t)$.

6) дельта-функция δ_a : функционал, сопоставляющий каждой функции $x(t)$, непрерывной в окрестности точки $t = a$, значение функции в этой точке: $\delta_a x(t) = x(a)$.

7) оператор возведения в квадрат: $Ax(t) = (x(t))^2$ (это — пример нелинейного оператора).

оператор вложения / imbedding operator // Einbettungsoperator m : оператор, сопоставляющий функции f из банахова пространства H эту же функцию как элемент другого банахова пространства W , вложенного в H ; последнее означает, что $W \subset H$, причём для всех $f \in W$ выполняется неравенство $\|f\|_H \leq C\|f\|_W$, где C — некоторая константа, не зависящая от f . Пример вложения пространств: $H = L_2(D)$ — гильбертово пространство всех функций, квадратично суммируемых в области D трёхмерного евклидова пространства, а $W = W_2^1(D)$ — множество всех функций $f \in H$, имеющих обобщённые производные $p_k = \frac{\partial f}{\partial x_k}$ ($k = 1, 2, 3$), квадратично суммируемые в D . Здесь

$$\|f\|_H = \left(\int_D |f(x)|^2 dx\right)^{1/2}, \quad \|f\|_W = \|f\|_H + \left(\int_D |p_1^2 + p_2^2 + p_3^2| dx\right)^{1/2}.$$

оператор Лапласа / Laplacian, Laplace operator // Laplace-Operator m : оператор Лапласа, или лапласиан, — дифференциальный оператор $\Delta = \nabla^2$, задаваемый в трёхмерном пространстве в декартовых координатах выражением:

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}.$$

Оператор Лапласа в цилиндрических координатах:

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \quad \rho = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

В сферических координатах:

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} + \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2}, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Оператор Лапласа часто встречается в различных задачах математики и физики.

оператор Фурье / Fourier operator // Fourier-Operator m : интегральный оператор F , действующий на функции, абсолютно интегрируемые на оси $x \in (-\infty, +\infty)$, по формуле $F[f(x)](\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ix\xi} dx$. Для функций двух переменных оператор Фурье имеет вид

$$F[f(x, y)](\xi, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y)e^{-ix\xi - iy\eta} dx dy.$$

Оператор Фурье в случае большего числа переменных вводится аналогично. Как оператор в *гильбертовом пространстве* $H = L_2(-\infty, +\infty)$ оператор Фурье вводится по формуле

$$F[f(x)](\xi) = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-R}^R e^{-ix\xi} f(x) dx,$$

где предел понимается в смысле сходимости по норме в пространстве H .

оператор цикла / loop operator // Schleife f : в языках программирования — конструкция, задающая выполнение *цикла* (2). В языке *Бейсик* оператор цикла имеет вид:

```
for t = t0 to t1 step dt
. . . . .
next t
```

Здесь переменная t — параметр цикла, dt — шаг параметра, $t0$ — начальное значение t , $t1$ — верхняя граница значений t ; точками условно обозначены команды, составляющие «тело» цикла.

оператор Штурма–Лиувилля / Sturm-Liouville operator // Sturm-Liouville-Operator m : оператор L , соответствующий задаче Штурма–Лиувилля: $Ly = -(p(x)y')' + q(x)y$.

операционное исчисление / operational calculus, Heaviside calculus // Operatorenrechnung f , Heavisidesche Operatorenrechnung: разработанный Хевисайдом (Oliver Heaviside, 1850–1925) метод, позволяющий в ряде случаев сводить задачи для *линейных дифференциальных уравнений* к более простым алгебраическим задачам. Метод Хевисайда, по существу, является видоизменением метода решения уравнений с помощью *преобразования Лапласа*.

операция / operation // Operation f : в математике — алгебраическое действие, например, операция умножения.

описание / description // Beschreibung f , Schilderung f : словесная (возможно, с формулами и рисунками) характеристика рассматриваемого объекта, например, описание маршрута движения или *квазиклассическое* описание квантово-механической системы.

описанная окружность / circumscribed circle // umbeschriebener

Kreis: для *треугольника* — *о́кружность*, проходящая через все три его вершины. Такая окружность всегда существует и притом ровно одна; её центр — точка пересечения *серединных перпендикуляров* сторон треугольника.

о́писанный / circumscribed // umbeschriebener: в геометрии — содержащий внутри себя какую-то определённую фигуру, причем выполнены некоторые специально оговорённые условия (касания или прохождения). Примеры: *многоугольник*, описанный вокруг *о́кружности*, касается этой окружности каждой своей стороной; окружность, описанная вокруг многоугольника, проходит через все его вершины.

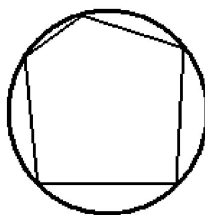


Рис. 120: Описанная окружность

о́порная плóскость / plane of support // Stützebene f : опорная плоскость для множества M точек пространства — всякая плоскость, которая содержит хотя бы одну точку *замыкания* $\overline{M}$ множества M , причём M целиком лежит в одном из полупространств, на которые эта плоскость делит пространство. Каждая грань *выпуклого многогранника* лежит в соответствующей опорной плоскости.

о́порная пряма́я / supporting line // Stützgerade f : опорная прямая для множества M точек на плоскости — всякая прямая, которая лежит в этой плоскости и содержит хотя бы одну точку *замыкания* $\overline{M}$ множества M , причём M целиком лежит в одной из полуплоскостей, на которые эта прямая делит плоскость. Каждая сторона *выпуклого многоугольника* лежит на соответствующей опорной прямой.

о́правдáние / justification // Rechtfertigung f : в математике — доказательство справедливости какого-либо утверждения или законности применения в рассматриваемом случае какого-нибудь метода.

о́пределе́ние / definition // Definition f : в математике и физике — формулировка, вводящая новый объект и дающая ему название. Например, «Определение: хорда, проходящая через центр круга, называется диаметром».

о́пределе́нно-отрица́тельный (положи́тельный) : то же, что *отрицательно (положительно) определённый*.

о́пределе́нный интегра́л : см. *интеграл Римана* и *интеграл Лебега*.

о́преде́литель, детерминант / determinant // Determinante f : всякой

квадратной матрице A порядка n (формула $(*)$)

$$(*) \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}; \quad (**) \quad \det A = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

сопоставляется её определитель $\det A$ — число, которое определяется следующим образом. Составляется сумма всевозможных произведений элементов матрицы, взятых по одному элементу из каждой строки и каждого столбца (всего по n сомножителей в каждом слагаемом), и каждому слагаемому приписывается знак $+$ или $-$ в зависимости от чётности *перестановки* вторых индексов (при условии, что 1-е индексы расположены в порядке $1, 2, \dots, n$):

$$\det A = \sum_{(k)} \sigma[k_1, k_2, \dots, k_n] a_{1k_1} a_{2k_2} \dots a_{nk_n}. \quad (***)$$

Здесь $k_1, k_2, \dots, k_n$ — вторые индексы, т.е. номера столбцов матрицы, причём $k_i \neq k_j$ при $i \neq j$; $[k_1, \dots, k_n]$ означает перестановку чисел $\{k_j\}$, $j = 1, \dots, n$; $\sigma[k_1, \dots, k_n]$ равна $+1$, если перестановка $[k_1, \dots, k_n]$ чётная, и -1 , если она нечётная. Суммирование в формуле $(***)$ производится по всевозможным перестановкам вторых индексов, так что сумма состоит из $n!$ слагаемых. Для определителя матрицы A употребляется также обозначение $(**)$; если порядок матрицы равен n , то говорят, что определитель имеет порядок n .

Формула $(***)$ при $n = 1$ (в этом случае матрица состоит из одного числа a_{11}) означает, что $\det A = a_{11}$; при $n = 2$, $\det A = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$; при $n = 3$, $\det A = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32}$.

Для вычисления определителей 2-го и 3-го порядков существуют удобные правила. Именно, в определителе 2-го порядка следует перечеркнуть наклонной линией элементы главной диагонали матрицы, т.е. a_{11} и a_{22} , и взять произведение этих элементов со знаком $+$, затем перечеркнуть элементы второй диагонали, т.е. a_{12} и a_{21} , и взять их произведение со знаком $-$. Для вычисления определителя 3-го порядка можно применить правило Саррюса (Sarrus): приписать к матрице справа первые два столбца, и затем: а) перечеркнуть наклонной линией главную диагональ, т.е. a_{11}, a_{22} и a_{33} , и взять произведение этих элементов со знаком $+$, а также провести две параллельные линии с таким же наклоном через a_{12} и a_{13} , и взять соответствующие произведения тоже со знаком $+$; б) перечеркнуть наклонной линией вторую диагональ, т.е. a_{13}, a_{22} и a_{31} , и взять произведение этих элементов со знаком $-$, а также провести две параллельные линии

с таким же наклоном через (приписанные справа) элементы a_{11} и a_{12} , и взять соответствующие произведения тоже со знаком $-$.

На практике для вычисления определителей порядка выше 2 или 3 обычно применяют *метод Гаусса*: оперируя со строками или столбцами определителя, сводят его к определителю, многие элементы которого равны 0, и затем разлагают определитель по элементам строки или столбца:

$$\det A = \sum_{k=1}^n (-1)^{i+k} m_{ik} = \sum_{i=1}^n (-1)^{i+k} m_{ik},$$

где m_{ik} — *минор* элемента a_{ik} . При $n = 3$, $i = 1$, эта формула имеет вид

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}.$$

опр́обование / testing, sampling // Probe f : пробный запуск, проверка, апробация.

опроверже́ние / refutation, disproof, contradiction // Widerlegung f : доказательство ложности данного высказывания.

оп́тика / optics // Optik f , Lichtlehre f : раздел физики, в котором изучаются явления, связанные с оптическим излучением (видимым, инфракрасным и ультрафиолетовым светом), а именно, процессы распространения, испускания и взаимодействия излучения с веществом. Оптическое излучение представляет собой электромагнитные волны, поэтому оптика — часть общего учения об электромагнитном поле (электродинамики).

оптимáльный / optimal, best // optimal, best: наилучший.

оптимáльное управле́ние / optimal control // optimale Steuerung: см. *управление*.

оптимизáция / optimization // Optimierung f , Optimisierung f : а) то же, что *математическое программирование*; б) в *вычислительной математике*: оптимизация вычислительных алгоритмов — выбор оптимального, т.е. в каком-либо смысле наилучшего, *алгоритма* при решении прикладных задач или при разработке систем стандартных *программ*.

опт́ическая актíвность / optical activity // optische Aktivität, optisches Drehvermögen: способность среды вызывать поворот плоскости поляризации проходящего через нее оптического излучения (света). Различают естественную оптическую активность, присущую оптически активным веществам, и искусственную, или наведенную, оптическую активность, проявляющуюся лишь при помещении оптически неактивного вещества в магнитное поле (эффект *Фарадея*). Естественная оптическая активность веществ, проявляющих её в любом агрегатном состоянии, связана с асимметрией строения отдельных молекул таких веществ.

опт́ическая анизотро́пия / optical anisotropy // optische Anisotropie: различие оптических свойств среды в зависимости от направления распространения в ней оптического излучения (света) и его поляризации. Естественная оптическая анизотропия кристаллов связана с тем, что силы, удерживающие атомы или ионы в равновесных положениях, зависят от направления. Наведенная (искусственная) оптическая анизотропия возникает в изначально оптически изотропных средах под действием внешних полей, создающих в таких средах физически выделенное направление. Это может быть электрическое поле (эффект Керра), магнитное поле (эффект Коттона – Мутона), поле упругих сил, вызывающих деформацию среды, а также поле сил в потоке жидкости.

опт́ическая лока́ция / optical location // optische Ortung: совокупность методов обнаружения удаленных объектов и определения их координат с помощью электромагнитных волн оптического диапазона. В оптической локации используется тот же принцип определения координат, что и в радиолокации: измерение расстояний из нескольких опорных точек или измерение расстояния и пеленга (азимута) из одной точки. Создание оптических локаторов с большой дальностью действия стало возможным только благодаря лазерам — мощным источникам когерентного оптического излучения. Основные преимущества оптических локаторов перед радиолокаторами — большая точность определения угловых координат объектов и высокая разрешающая способность по дальности.

опт́ическая нака́чка / optical pumping // optisches Pumpen: возбуждение квантовой системы (атома, молекулы, кристалла и т.п.) с более низкого уровня энергии на более высокий уровень под действием света. Используется для создания *инверсии населённостей* на каком-либо *квантовом переходе* с целью получения активной среды для квантовых усилителей и генераторов (*лазеров*).

опт́ическая ось / optical axis // optische Achse: в оптической системе (линзе, объективе и т.п.) — прямая, являющаяся общей осью симметрии всех преломляющих и отражающих поверхностей; у вогнутого или выпуклого зеркала — ось симметрии отражающей поверхности, проходящая через центр поверхности зеркала перпендикулярно к ней.

опт́ическая связь / optical communication // optische Kommunikation, optische Nachrichtenübermittlung: передача информации с помощью света. Преимущества оптической связи по сравнению с радиосвязью — высокая направленность излучения, обеспечивающая повышенную помехозащищенность и скрытность связи, и большая ширина полосы частот для передачи информации. Наибольшее распространение получили системы оптической связи, использующие закрытые волоконные *световоды* с малыми оптическими потерями.

опт́ическая си́ла / optical power // Brechwert m , Brechkraft f : характеристика преломляющей способности линз, зеркал и оптических систем. Оптическая сила Φ — величина, обратная *фокусному расстоянию* F системы: $\Phi = 1/F$. Оптическая сила измеряется в *диоптриях* (м^{-1}), она положительна для собирающих систем и отрицательна для рассеивающих. Особенно широко понятие оптической силы используется при подборе очков.

опт́ическая систе́ма / optical system // optisches System: совокупность оптических элементов — *линз*, зеркал, призм, пластинок и т.п., скомбинированных между собой определенным образом для получения *оптического изображения* предмета или для преобразования светового потока, идущего от источника света. Оптическая система составляет обязательную часть оптических и электронно-оптических приборов.

опт́ический резона́тор / optical resonator // optischer Resonator: устройство, в котором могут существовать свободные или вынужденные электромагнитные колебания оптического диапазона в виде стоячих или бегущих волн. Оптический резонатор представляет собой совокупность нескольких зеркал (и/или призм полного отражения), и, в отличие от *объемных резонаторов СВЧ* диапазона, представляет собой *открытый резонатор*. В открытом резонаторе большая часть *собственных колебаний* сильно затухает, и лишь небольшое число *мод* затухает слабо, т.е. характеризуется высокой *добротностью*.

Простейший оптический резонатор состоит из двух параллельных зеркал, находящихся на некотором расстоянии L друг от друга, причем это расстояние много больше длины световой волны λ : $L \gg \lambda$. Распространяющаяся вдоль оси резонатора световая волна в результате отражений от зеркал превращается в *стоячую волну* (продольную моду) при условии, что на длине резонатора укладывается целое число q полуволн: $L = q\lambda/2$. Отсюда следует, что *собственные частоты* оптического резонатора образуют эквидистантный спектр с расстоянием $c/(2L)$ между соседними спектральными компонентами. Из-за влияния краев зеркал поле стоячей волны зависит также от поперечных координат и характеризуется поперечными индексами m и n , определяющими характер распределения светового поля на поверхностях зеркал. Поперечные моды с большими индексами m и n сильно затухают из-за *дифракции света* на краях зеркал, т.е. характеризуются низкими значениями добротности.

На практике чаще используют оптические резонаторы со сферическими зеркалами, в которых лучи, многократно отражаясь от вогнутых зеркал, не выходят за пределы некоторой огибающей поверхности — *каустики* пучка лучей (устойчивые резонаторы, используемые в газовых *лазерах*).

опт́ическое излу́чение / optical radiation, light // Strahlung im optischen Spektralbereich, optische Strahlung: *свет* в широком смысле слова,

т.е. *электромагнитные волны*, длины которых заключены в диапазоне от единиц нм до десятых долей мм (диапазон частот $3 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{17}$ Гц). К оптическому диапазону, помимо *видимого излучения*, относят также *инфракрасное излучение* и *ультрафиолетовое излучение*.

опт́ическое изобра́жение / optical image // optisches Bild: картина, получаемая в результате прохождения излучаемого или рассеиваемого предметом света через *оптическую систему* (см. также *изображение*). Основой зрительного восприятия предмета является его оптическое изображение на сетчатке, формируемое оптической системой глаза.

опуст́ить перпендикуля́р / drop the perpendicular // das Lot fällen: провести *перпендикуляр* к данной линии или поверхности.

о́пыт 1) experience // Erfahrung *f*: знание, полученное из практической жизни; 2) experiment, trial // Experiment *n*, Versuch *m*: эксперимент, научный опыт.

о́пытные фа́кты / experimental facts // experimentelle Fakten: факты, установленные в результате эксперимента.

о́пытный 1) experienced // erfahren: имеющий навыки, *опыт* (1); 2) experimental // experimentell: экспериментальный, полученный из опыта.

орби́та 1) orbit // Planetenbahn *f*: в астрономии — траектория движения планеты или другого небесного тела. 2) orbit, transitivity set // Orbit *m*, Transitivitätsklasse *f*: в математике (в теории *групп*): пусть на множестве X действует группа G , так что $g(x) \in X$, $g \in G$. Орбитой, или классом транзитивности, точки $x \in X$ называется множество точек вида $g(x)$, где g пробегает всю группу G . Например, если G — группа вращений плоскости X вокруг точки a , то орбитой точки $x \in X$ является окружность с центром a , проходящая через точку x . См. также *автономная система*.

орби́тальный / orbital // Bahn=, Orbital=: связанный с *орбитой*.

орби́тальный мо́мент / orbital moment // Bahnmoment *n*: *момент импульса* электрона в атоме, обусловленный его движением в центральном силовом поле ядра и других электронов. Согласно квантовой механике, орбитальный момент электрона M и его проекция M_{lz} на произвольно выбранное направление (ось z) могут принимать только дискретные значения: $M_l^2 = \hbar^2 l(l+1)$, $M_{lz} = m\hbar$, $l = 0, 1, 2, \dots$ — орбитальное (азимутальное) квантовое число, $m = l, l-1, \dots, -l$ — магнитное квантовое число. Классификация состояний электронов по значениям l играет большую роль в теории атома.

орди́нарный / ordinary, common // gewöhnlich: обычный, стандартный, средний.

орди́ната / ordinate, *y*-coordinate // Ordinate *f*: *y*-координата, вторая *координата*.

орё́л или ре́шка?, герб или цифра? / heads or tails? // Kopf oder

Zahl? Adler oder Schrift?: вопрос при бросании монеты — какой стороной вверх ляжет монета? То же, что *герб или решка*.

оригина́л / original, original function, pre-image // Originalfunktion f : в теории *преобразования Фурье* функция $f(x)$, к которой применяется *оператор Фурье* F , называется оригиналом (или прообразом) преобразованной функции $F[f](\xi)$, называемой образом (или изображением) функции $f(x)$. Аналогичная терминология применяется в теории *преобразования Лапласа* и других преобразований.

оригина́льный / original // Original=: исходный, первоначальный; новый, необычный.

ориента́ция / orientation // Orientierung f : в геометрии: ориентация *декартовой системы координат* в трёхмерном пространстве — свойство системы быть правой или левой, см. *правая система координат*. Система координат в пространстве задаётся началом координат O и репером, т.е. тройкой *ортов* системы $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ (на плоскости — парой ортов); одна система координат получается из другой переносом начала и заменой репера. Ориентация системы координат определяется ориентацией репера, см. *правая тройка векторов*. При переносе начала координат ориентация сохраняется; при переходе к новому реперу $\vec{e}_k' = A\vec{e}_k$ ($k = 1, 2, 3$), где A — матрица перехода, ориентация сохраняется, если $\det A > 0$, и меняется на противоположную, если $\det A < 0$. Выберем какую-нибудь систему координат и назовём её ориентацию положительной; множество всех систем координат распадается на два класса: класс с положительной ориентацией и класс с отрицательной ориентацией. Две системы координат принадлежат одному классу, если одну систему можно перевести в другую непрерывным движением. Ориентация пространства определяется выбором правой или левой системы координат.

Понятие ориентации вводится также для *многообразий*, в частности, для поверхностей в пространстве. Пусть S — гладкая поверхность, M_0 — точка поверхности, $\vec{n}$ — *нормаль* к S в точке M_0 , γ — произвольная замкнутая кривая, проходящая через точку M_0 и не имеющая общих точек с границей поверхности S . Будем перемещать вектор $\vec{n}$ вдоль кривой γ так, чтобы он, непрерывно изменяясь, оставался нормальным к S . После полного обхода по кривой γ начало вектора нормали совпадёт с точкой M_0 , а сам вектор нормали или совпадёт с исходным вектором, или окажется ему противоположным. Если при любом выборе точки M_0 и обхода по любой замкнутой кривой вектор $\vec{n}$ возвращается к исходному положению, то поверхность называют ориентируемой или двусторонней; если же найдётся точка и кривая, при обходе по которой вектор нормали окажется противоположным исходному вектору, то поверхность называют неориентируемой (пример — *лист Мёбиуса*).

ориенти́рованная крива́я / oriented curve, directed curve // orientierte Kurve: кривая, на которой указано «положительное» направление.

ориенти́рованная пове́рхность / oriented surface // orientierte Fläche: *двусторонняя поверхность*, на которой одна из сторон названа «положительной», а другая сторона — «отрицательной».

ориенти́руемость / orientability // Orientierbarkeit f : в геометрии: ориентируемость поверхности — возможность установить на ней *ориентацию*. Существуют неориентируемые поверхности, например, *лист Мёбиуса*.

орт / basis vector, unit vector // Einheitsvektor m : единичный вектор данного направления, например, орт оси *абсцисс*.

ортогонализа́ция, ортогонализация Шмидта / Gram-Schmidt orthogonalization // Schmidtsches Orthogonalisierungsverfahren: ортогонализация *линейно независимой* системы векторов *евклидова пространства* — процедура замены векторов этой системы их *линейными комбинациями*, попарно *ортогональными* друг другу. Пусть векторы $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_m$ образуют линейно независимую систему. Ортогональная система $\vec{y}_1, \vec{y}_2, \dots$ строится по способу Шмидта (Erhard Schmidt, 1876–1959) следующим образом: $\vec{y}_1 = \vec{x}_1$, $\vec{y}_2 = \vec{x}_2 - \alpha_1 \vec{y}_1$, где $\alpha_1 = (\vec{x}_2, \vec{y}_1)/y_1^2$; $\vec{y}_3 = \vec{x}_3 - \beta_1 \vec{y}_1 - \beta_2 \vec{y}_2$, где $\beta_1 = (\vec{x}_3, \vec{y}_1)/y_1^2$, $\beta_2 = (\vec{x}_3, \vec{y}_2)/y_2^2$, и т. д. Здесь $(\vec{x}, \vec{y})$ означает *скалярное произведение* векторов $\vec{x}$ и $\vec{y}$, $y^2 = (\vec{y}, \vec{y})$. Такая же процедура применяется для ортогонализации системы функций в *гильбертовом пространстве*.

ортогона́льная ма́трица / orthogonal matrix // orthogonale Matrix: квадратная *матрица*, все элементы которой — действительные числа, называется ортогональной матрицей, если её *транспонированная матрица* совпадает с её *обратной матрицей*: $A^T = A^{-1}$. У ортогональной матрицы попарно ортогональны столбцы: $\sum_{s=1}^n a_{sj}a_{sk} = \delta_{jk}$ и строки: $\sum_{s=1}^n a_{js}a_{ks} = \delta_{jk}$, где δ_{jk} — *символ Кронекера*. *Определитель* ортогональной матрицы равен +1 или -1.

ортогона́льная прое́кция / orthogonal projection // orthogonale Projektion, Orthogonalprojektion f : см. *проекция*.

ортогона́льная систе́ма векто́ров / orthogonal system of vectors // Orthogonalsystem von Vektoren: система векторов *евклидова пространства* (в общем случае — *гильбертова пространства*) $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots$, в которой каждые два вектора *ортогональны* друг другу: $(\vec{x}_i, \vec{x}_k) = 0$, $i \neq k$.

ортогона́льная систе́ма координа́т / orthogonal system of coordinates // orthogonales Koordinatensystem: *координатная система*, координатные линии которой попарно ортогональны, т.е. пересекаются под прямым углом. В частности, *прямоугольная система координат* на плоскости и в пространстве, система *полярных координат* на плоскости, системы *цилиндрических координат* и *сферических координат* в пространстве — ортогональные системы координат.

ортогона́льная систе́ма фу́нкций / orthogonal system of functions // Orthogonalsystem von Funktionen: функции $f_1(x), f_2(x), \dots$, определённые в области D , образуют ортогональную систему на D , если любые две из этих функций ортогональны: $(f_i(x), f_k(x)) = 0, i \neq k$, см. *ортогональность функций*. Примеры ортогональных систем функций: 1) тригонометрические функции $1, \cos kx, \sin kx$, где $k = 1, 2, \dots$, на интервале $x \in (-\pi, \pi)$; 2) *полиномы Лежандра* $P_n(x)$ на интервале $x \in (-1, 1)$; 3) *полиномы Эрмита* $H_n(x)$ на интервале $x \in (-\infty, +\infty)$ с весом $\rho(x) = e^{-x^2}$.

ортогона́льная су́мма / orthogonal sum // orthogonale Summe: см. *ортогональное дополнение*.

ортогона́льное допóлнение / orthogonal complement // orthogonales Komplement: пусть $\mathbf{M}$ — *подпространство* пространства $\mathbf{H}$ — *евклидова пространства* или *гильбертова пространства*. Множество векторов $\vec{x} \in \mathbf{H}$, каждый из которых *ортогонален* ко всем векторам подпространства $\mathbf{M}$, т.е. $(\vec{x}, \vec{y}) = 0, \vec{y} \in \mathbf{M}$, называется ортогональным дополнением $\mathbf{M}_\perp$ подпространства $\mathbf{M}$. Ортогональное дополнение является подпространством пространства $\mathbf{H}$. Принято говорить, что пространство $\mathbf{H}$ разложено в ортогональную сумму подпространств: $\mathbf{H} = \mathbf{M} \oplus \mathbf{M}_\perp$.

Если пространство $\mathbf{H}$ конечномерное, то размерность подпространства $\mathbf{M}_\perp$ равна разности размерностей пространства $\mathbf{H}$ и подпространства $\mathbf{M}$: $\dim \mathbf{M}_\perp = \dim \mathbf{H} - \dim \mathbf{M}$. Например, в трёхмерном пространстве с прямоугольной системой координат $Oxyz$ ортогональным дополнением оси Ox служит плоскость Oyz .

ортогона́льное преоб́разова́ние / orthogonal transformation // orthogonale Transformation: *аффинное* преобразование плоскости или трёхмерного пространства, сохраняющее расстояние между точками у любой пары точек. При ортогональных преобразованиях сохраняются углы между прямыми линиями. *Параллельный перенос* и *поворот* — ортогональные преобразования, при которых сохраняется *ориентация* пространства. *Отражение* относительно плоскости в пространстве (или прямой на плоскости) — ортогональное преобразование, при котором ориентация меняется. Если вектор-столбцы $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ — орты исходной прямоугольной декартовой системы координат, а $\vec{e}_1', \vec{e}_2', \vec{e}_3'$ — орты преобразованной системы, то преобразование $\vec{e}_k' = A\vec{e}_k (k = 1, 2, 3)$ ортогональное в том случае, когда A — *ортогональная матрица*, причём при $\det A = 1$ оно означает поворот, а при $\det A = -1$ поворот с отражением. Всякое ортогональное преобразование можно составить из последовательно выполненных параллельных переносов, поворотов и отражений. Иногда под ортогональным преобразованием понимают только повороты и отражения. Понятие ортогонального преобразования обобщается на произвольные *евклидовы пространства*.

ортогона́льность векто́ров / orthogonality of vectors // Orthog-

onalität von Vektoren: свойство векторов быть *ортогональными*, или перпендикулярными, друг другу.

ортогона́льность с ве́сом / weighted orthogonality // gewichtete Orthogonalität: см. *ортогональность функций*.

ортогона́льность фу́нкций / orthogonality of functions // Orthogonalität von Funktionen: свойство функций быть ортогональными друг другу. Это означает следующее: функции рассматриваются как элементы (=«векторы») пространства со *скалярным произведением*. Функции $f(x)$ и $g(x)$ называются ортогональными (друг другу), если их скалярное произведение равно нулю: $(f, g) = 0$. Например, пусть пространство $\mathbf{H}$ состоит из кусочно-непрерывных вещественных функций на отрезке $[a, b]$, а скалярное произведение функций $f(x)$ и $g(x)$ введено по формуле $(f, g) = \int_a^b f(x)g(x) dx$. В этом случае функции $\sin x$ и $\cos x$ ортогональны на отрезке $[0, \pi]$, а на отрезке $[0, \pi/2]$ не ортогональны. Если скалярное произведение введено с *весом* $\rho(x)$, т.е. $(f, g) = \int_a^b f(x)g(x)\rho(x) dx$, то говорят, что функции ортогональны с весом $\rho(x)$.

ортогона́льный / orthogonal // orthogonal: в геометрии: на плоскости и в трёхмерном пространстве — то же, что *перпендикулярный*. В общем случае *евклидова пространства* или *гильбертова пространства*: векторы $\vec{x}$ и $\vec{y}$ называются ортогональными (друг другу), если *скалярное произведение* этих векторов равно нулю: $(\vec{x}, \vec{y}) = 0$. См. также *ортогональность функций*.

ортогона́льный ба́зис / orthogonal base, orthogonal basis // orthogonale Basis, Orthogonalbasis f : *базис* в *евклидовом пространстве* (в общем случае — в *гильбертовом пространстве*), состоящий из попарно ортогональных векторов. Если длина (норма) каждого вектора базиса равна при этом единице, то базис называют ортонормированным или ортонормальным.

ортонормáльный / orthonormal // orthonormal: ортонормальный базис — то же, что *ортонормированный базис*. Ортонормальная, или ортонормированная, система функций $f_1(x), f_2(x), \dots$ в *линейном пространстве* со *скалярным произведением* (f, g) — такая система, что $(f_i, f_k) = \delta_{ik}$, где δ_{ik} — символ Кронекера.

ортонорми́рованный ба́зис / orthonormal basis // orthonormale Basis: см. *ортогональный базис*.

ортопрое́ктор / orthoprojector // Orthoprojektor m : *оператор* ортогонального проектирования. Пусть M — *подпространство* в *евклидовом пространстве* или *гильбертовом пространстве* H . По *теореме о проекции*, любой вектор $\vec{x}$ пространства H может быть разложен в ортогональную сумму: $\vec{x} = \vec{x}_M + \vec{x}_\perp$, где $\vec{x}_M \in M$, $\vec{x}_\perp \in M_\perp$. Ортопроектор P_M — оператор, ставящий в соответствие каждому вектору $\vec{x} \in H$ его проекцию $\vec{x}_M$ на

подпространство M : $P_M \vec{x} = \vec{x}_M$. При этом $P_M \vec{x}_\perp = \vec{0}$, $P_M \vec{x}_M = \vec{x}_M$. Ортопроектор — *самосопряжённый* оператор; он ограничен, и норма его равна 1, т.е. $\|P_M\| = \sup \|P_M \vec{y}\| = 1$, где $\sup$ взят по всем $\vec{y} \in H$ таким, что $\|\vec{y}\| = 1$.

Подпространства L и M называются ортогональными (друг другу), если $\vec{x} \perp \vec{y}$ для любых векторов $\vec{x} \in L$, $\vec{y} \in M$; при этом подпространство, состоящее из векторов вида $\vec{x} + \vec{y}$, называется ортогональной суммой L и M и обозначается $L \oplus M$.

Свойства ортопроектора: а) $P_M P_M = P_M$; б) если L и M — ортогональные друг другу подпространства, и $N = L \oplus M$ — их ортогональная сумма, то $P_N = P_L + P_M$.

ортоцѐнтр / orthocenter // Höhenschnittpunkt m , Orthozentrum n : точка, в которой пересекаются все три высоты треугольника.

освещѐнность / illuminance // Beleuchtungsstärke f : освещенность E поверхности — отношение светового потока $d\Phi$, падающего на элемент поверхности dS , к площади этого элемента: $E = d\Phi/dS$. Освещенность измеряется в *люксах*. Источник силой света I , удаленный от некоторой точки поверхности на расстояние l , создает в этой точке поверхности освещенность, вычисляемую по формуле $E = I \cos \theta / l^2$, где θ — угол падения света на поверхность.

осесимметри́чный / axially symmetric, axisymmetric // axialsymmetrisch, achsensymmetrisch: *инвариантный* относительно поворотов вокруг какой-либо оси.

оси инѐрции / axes of inertia // Trägheitsachsen pl : главные оси инерции или оси свободного вращения — три взаимно перпендикулярные направления (три оси), проходящие через центр масс тела и обладающие тем свойством, что если вектор угловой скорости тела направлен вдоль одной из этих осей, то и вектор момента импульса будет направлен вдоль той же оси, т.е. будет совпадать по направлению с вектором угловой скорости. Понятие главных осей инерции играет большую роль в динамике твердого тела. В частности, свободное вращение твердого тела (вращение по инерции) будет особенно простым, если оно совершается вокруг одной из главных осей инерции: это будет равномерное вращение вокруг оси, направление которой остается неизменным в пространстве и в теле.

ослаблѐние / weakening, attenuation, slackening, relaxation // Schwächung f , Abschwächung f , Milderung f : уменьшение (громкости, силы, интенсивности, напряжѐнности).

оснóва / base, basis, principles // Grundlage f , Basis f : то, что лежит в основании (строения, теории, рассуждения), база, фундамент.

основáние 1 / base, foundation // Basis f , Grundlinie f : низ, фундамент; основание треугольника, трапеции и т.п. «Основание перпендикуляра»/

foot of a perpendicular // Fußpunkt der Senkrechten.

основание 2 / base // Basis f : основание экспоненты, число a в выражении a^x ; основание логарифма, число a в выражении $\log_a x$. «Система счисления по основанию n » / number system with base n // Zahlssystem zur Basis n .

основание 3 / basis, ground // Grund m : «на основании вышесказанного» / on the basis of the aforesaid // auf Grund des oben Gesagten.

основанная на постулатах Евклида / based on Euclidean postulates // den Euklidischen Axiomen zugrunde liegende: геометрия, основанная на постулатах Евклида — евклидова геометрия, или геометрия, в основу которой положена система аксиом Евклида, — в отличие от *неевклидовой геометрии*.

основная теорема алгебры / fundamental theorem of algebra // Fundamentalsatz der Algebra, algebraisches Fundamentaltheorem: всякий полином $P_n(z)$ степени $n > 0$ имеет на *комплексной плоскости* z хотя бы один корень.

основная функция, пробная функция / test function // Testfunktion f : в теории *обобщённых функций* — функция из *основного пространства*. Обобщённую функцию применяют («пробуют») к основным функциям и по результату судят о свойствах обобщённой функции.

основной период / fundamental period // Grundperiode f : в математике — наименьший период *периодической функции*.

основное пространство, пространство основных функций / space of test functions // der Raum der Testfunktionen: в теории *обобщённых функций* — множество основных, или пробных, функций.

основное состояние / ground state // Grundzustand m : в квантовой механике — стационарное состояние атома, молекулы или другой *квантовой системы* с наименьшей возможной энергией. Основное состояние устойчиво. Электроны в атоме, находящемся в основном состоянии, наиболее прочно связаны с ядром. Уровень энергии, соответствующий основному состоянию системы, также называется основным. Система может перейти из основного состояния в возбужденное состояние с более высокой энергией в результате *квантового перехода*, поглотив квант энергии от источника внешнего возбуждения.

основные и неосновные носители заряда / majority and minority charge carriers // Majoritäts- und Minoritätsladungsträger: в примесных полупроводниках основные носители определяют тип проводимости — электронный или дырочный. Основными носителями заряда в полупроводниках n -типа являются электроны, неосновными — дырки; в полупроводниках p -типа основными носителями заряда являются дырки, неосновными — электроны.

основные цвета́ / primary colors // Grundfarben *pl*, Primärfarben *pl*: три цвета, оптическим сложением (смешением) которых в определенных количествах можно получить цвет, на глаз совершенно неотличимый от любого заданного цвета. Набор основных цветов образует трехмерную колориметрическую систему.

основные структу́ры / basic structures // Grundstrukturen *pl*: в современной математике рассматриваются три вида основных структур, в соответствии с которыми проводится классификация математических дисциплин: алгебраическая структура, порядковая структура и топологическая структура.

Множество имеет алгебраическую структуру, если в нём введены операции, например, в множестве чисел — умножение и сложение, в множестве *векторов* — умножение на числа. Важнейшие алгебраические структуры: *полугруппы, группы, кольца, поля, векторные пространства*. Множество имеет порядковую структуру, если в нём введено отношение порядка, например, сравнение действительных чисел по величине. Множество с порядковой структурой называется *упорядоченным множеством*. Множество имеет топологическую структуру, если в нём определена система подмножеств, позволяющая ввести понятие сходимости. Множество с топологической структурой называется *топологическим пространством*. Рассматриваются также множества, имеющие смешанную структуру, или мультиструктуру, например, *топологическое векторное пространство*.

Отображение множеств, сохраняющее структуру, называется морфизмом; для отображения групп принято название гомоморфизм. Биективные (т.е. взаимно однозначные) морфизмы называют изоморфизмами. В частности, автоморфизм — это изоморфизм, отображающий множество само на себя.

особая то́чка / singular point // singulärer Punkt: 1) Особая точка *аналитической функции* — точка комплексной плоскости, в окрестности которой функция аналитична, но в самой точке не является *регулярной*. Особая точка может быть точкой *ветвления функции* (например, $z = 0$ для $\ln z$) или особой точкой однозначного типа: *поллюсом* или *существенно особой точкой*.

2) Особой точкой *дифференциального уравнения* $w'' + p(z)w' + q(z)w = 0$, рассматриваемого на комплексной плоскости z , называется точка a , которая является особой точкой (1) хотя бы одного из коэффициентов $p(z)$, $q(z)$. См. *регулярно особая точка* и *иррегулярная особая точка*.

3) Особой точкой *автономной системы* дифференциальных уравнений $x'(t) = f(x, y)$, $y'(t) = g(x, y)$ называется точка на фазовой плоскости Oxy , в которой обе функции f и g обращаются в нуль. В окрестности особой точки фазовые траектории сближаются, при этом возможны различные

типы их поведения.

Рассмотрим линейную систему с постоянными коэффициентами $x' = a_{11}x + a_{12}y$, $y' = a_{21}x + a_{22}y$ и составим матрицу $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$. Пусть $\det A \neq 0$, тогда имеется единственная особая точка $x = y = 0$. Вид семейства фазовых траекторий в окрестности особой точки зависит от собственных чисел λ_1, λ_2 матрицы A , т.е. от корней квадратного уравнения $\det(A - \lambda I) = 0$. При этом возможны следующие случаи:

а) корни вещественные, различные и одного знака, тогда особая точка — *узел*; корни разных знаков — *седло*; б) корни чисто мнимые, тогда особая точка — *центр*; в) корни комплексные с ненулевой действительной частью, тогда особая точка — *фокус*; г) корни равны между собой, но отличны от нуля, тогда особая точка — *вырожденный узел* (если матрица подобна жордановой) или *дискритический узел* (если матрица подобна диагональной).

Примеры точек разных типов, с указанием семейства кривых: а) «узел»: семейство парабол $y = Cx^2$; «седло»: семейство гипербол $xy = C$; б) «центр»: семейство эллипсов $x^2 + 2y^2 = C^2$; в) «фокус»: семейство спиралей $r = Ce^\varphi$, где r, φ — полярные координаты; г) «вырожденный узел»: $y = x(C + \ln|x|)$; «дискритический узел»: семейство прямых $y = Cx$.

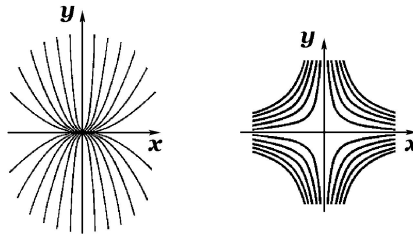


Рис. 121: Узел и седло

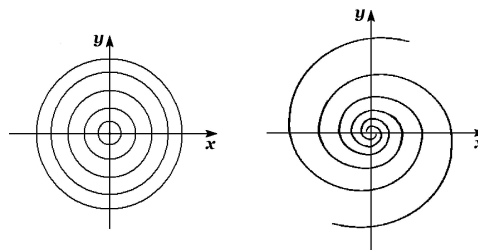


Рис. 122: Центр и фокус

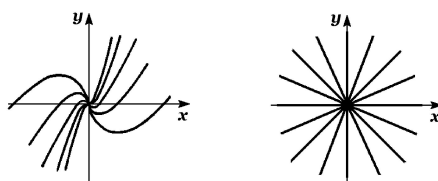


Рис. 123: Вырожденный узел и дикритический узел

4) Особой точкой плоской кривой, уравнение которой в *декартовых координатах* x, y имеет вид $F(x, y) = 0$, называется такая точка $M_0 = (x_0, y_0)$, что в этой точке первые *частные производные* функции $F(x, y)$ равны нулю: $F'_x(M_0) = 0$, $F'_y(M_0) = 0$. Если хотя бы одна из вторых частных производных $A = F''_{xx}(M_0)$, $B = F''_{xy}(M_0)$, $C = F''_{yy}(M_0)$ не равна нулю, то особая точка называется двойной точкой. При исследовании вида кривой в окрестности двойной особой точки рассматривают знак выражения $\Delta = AC - B^2$. Если $\Delta > 0$, то M_0 называется изолированной точкой, например, точка $x = y = 0$ для кривой (а) $y^2 - x^4 + 4x^2 = 0$; если $\Delta < 0$, то M_0 называется узловой точкой или точкой самопересечения, например, $x = y = 0$ для кривой (б) $(x^2 + y^2 + a^2)^2 - 4a^2 - a^4 = 0$. Если $\Delta = 0$, то M_0 — либо изолированная точка, либо точка возврата, например, $x = y = 0$ для кривой (в) $y^2 = x^3$, либо точка самоприкосновения, например, $x = y = 0$ для кривой (г) $y^2 = x^4$.

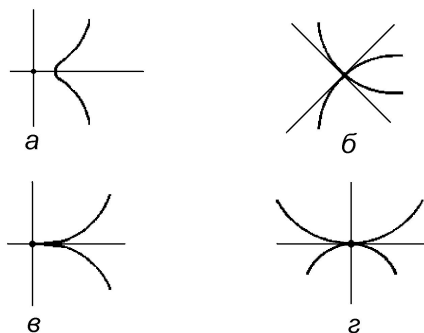


Рис. 124: Особые точки плоской кривой: а - изолированная точка; б - точка самопересечения; в - точка возврата; г - точка самосоприкосновения

Иногда особыми точками плоских кривых называют точки, отличающиеся каким-либо свойством от других точек кривой: точки *перегиба*, *угловые точки*, точки *разрыва* и т.п.

5) Особая точка поверхности, уравнение которой в декартовых координатах x, y, z имеет вид $F(x, y, z) = 0$, — точка $M_0 = (x_0, y_0, z_0)$, в которой

первые частные производные функции $F(x, y, z)$ равны нулю: $F'_x(M_0) = F'_y(M_0) = F'_z(M_0) = 0$. Если в особой точке не все вторые частные производные равны нулю, то касательные к поверхности образуют конус. Конус может быть вырожденным, в этом случае он состоит из двух плоскостей, и поверхность имеет самопересечение.

особенность 1 / peculiarity // Besonderheit f : характерная черта, отличительное свойство.

особенность 2 / singularity // Singularität f : сингулярность, нарушение обычных свойств (гладкости, плавного изменения, регулярности).

особенный / special, peculiar, singular, unusual // besonder, eigenartig, Spezial=, eigentümlich: специфический, необычный, не такой как все, присущий только одному данному объекту.

особое решéние / singular solution // singuläre Lösung: особое решение обыкновенного дифференциального уравнения — решение, в каждой точке которого нарушается единственность решения задачи Коши для этого уравнения. Для уравнения 1-го порядка $y' = f(x, y)$ интегральная кривая γ является особым решением уравнения, если через каждую точку этой кривой проходит по крайней мере ещё одна интегральная кривая. Пример: $y = (x + C)^2$ — общее решение уравнения $y' = 2y^{1/2}$, а $y = 0$ — особое решение.

осреднёние: то же, что усреднение.

остальнойóй / remaining, rest // übrig: оставшийся, например, «остальные главы будут присланы позже» / the rest chapters will be sent later on // die übrigen Kapitel werden später abgeschickt sein. «В остальном всё остаётся по-прежнему» / in other respects, all remains as before // in übrig, alle bleibt wie es war früher.

остáток / remainder, residue, residual, rest // Rest m : то, что остаётся после какого-либо действия. См., например, *деление с остатком*.

остáточная деформáция / residual deformation // bleibende Verformung: в твердых телах *деформация* называется упругой, если она исчезает после снятия внешней нагрузки. Если после снятия нагрузки деформация не исчезает полностью, т.е. деформация является пластической, то отличие формы и размеров тела от первоначальных значений называется остаточной деформацией.

остáточная намагнóченность / remanence // Remanenz f : намагничённость, которую имеет ферромагнитный материал при равной нулю напряженности магнитного поля. Остаточная намагничённость для каждого материала зависит от его магнитной предыстории, т.е. от значений магнитного поля в моменты времени, предшествующие снятию внешнего магнитного поля. Остаточная намагничённость является важной характеристикой явления *гистерезиса*.

оста́точный член / remainder term // Restglied n : поправочное слагаемое в формулах, дающих приближённое значение какой-нибудь величины, например, остаточный член $o((x - a)^n)$ в *формуле Тейлора* при $x \rightarrow a$:

$$f(x) = f(a) + \sum_{k=1}^n \frac{1}{k!} f^{(k)}(a)(x - a)^k + o((x - a)^n).$$

о́стов, остовный подграф / spanning tree, maximal tree, skeleton // maximaler Baum, Gerüst n : в теории *графов* — максимальное дерево, т.е. подграф, содержащий все вершины графа и являющийся *деревом*.

Острогра́дский Михаил Васильевич (1801–1861): российский математик и механик. Труды по математическому анализу, математической физике, аналитической и небесной механике, гидромеханике, теории упругости, баллистике. Формула Остроградского (см. *теорема Гаусса–Остроградского*) опубликована им в 1831 году.

остроуго́льный / acute, acute-angled // spitzwinkelig: остроугольный треугольник — треугольник, все три угла которого острые, т.е. каждый угол меньше 90° .

о́стрый / acute, sharp, spike // scharf, spitz: резкий, заострённый.

о́стрый угол / acute angle // spitzer Winkel: угол, меньший 90 градусов.

о́стрый импульс / spike pulse // scharfer Impuls: в теории колебаний и волн — короткий, резкий сигнал.

осцилли́ровать / oscillate // schwingen, vibrieren: совершать *колебания*.

осцилло́граф / oscilloscope, oscillograph // Oszillograph m : прибор для регистрации изменяющихся во времени электрических токов и напряжений, или неэлектрических величин, преобразованных предварительно в электрические сигналы. При исследовании временной зависимости изучаемый сигнал подается на вход усилителя вертикального отклонения луча, а затем на горизонтальные пластины электронно-лучевой трубки, в то время как горизонтальное перемещение луча создаётся генератором развертки, вырабатывающим пилообразное напряжение. Осциллографы используются также для наблюдения и регистрации функциональной связи между двумя или более величинами (электрическими или преобразованными в электрические), характеризующими какой-либо процесс. В этом случае сигналы параметра и функции подают на взаимно-перпендикулярные отклоняющие пластины для получения графической зависимости на экране трубки.

осцилля́тор / oscillator // Vibrator m : любая колебательная система, способная совершать собственные *колебания* около устойчивого положения равновесия (минимума потенциальной энергии), например, *гармонический осциллятор*.

осцилля́ция / oscillation // Vibration f : *колебание*, как правило сравнительно быстрое и с малой *амплитудой*.

ось / axis, real line // Achse *f*: в математике — прямая линия, на которой выбрано направление (см. *координатная ось*). *Полуось*: а) одна из двух частей, на которые ось делится какой-нибудь точкой оси; б) большая и малая полуоси *эллипса*, действительная и мнимая полуоси *гиперболы*. «Главные оси» / principal axes, major axes // Hauptachsen *pl*: в теории линий 2-го порядка и поверхностей 2-го порядка: оси *симметрии* линии или поверхности.

ось вращения / axis of rotation // Drehachse *f*: а) неподвижная прямая, поворотом вокруг которой осуществляется вращательное движение твердого тела; б) при произвольном вращательном движении твердого тела мгновенная ось вращения — ось, поворотом вокруг которой тело перемещается с течением времени из данного положения в бесконечно близкое к нему соседнее положение. Мгновенная ось вращения непрерывно изменяет свое направление в пространстве и в теле.

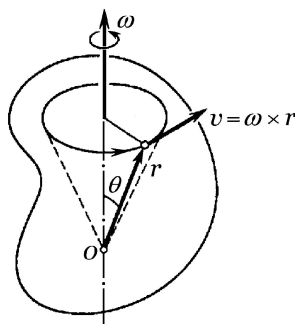


Рис. 125: Ось вращения

отбрасывание / truncation // Abbrechen *n*, Abbruch *m*: в математике: отбрасывание членов *ряда* — замена точного значения суммы ряда её приближённым значением, равным частичной сумме ряда, в которую не входят отброшенные члены. «Ошибка при отбрасывании» / truncation error // Abbruchfehler *m*.

отвёрстие / perforation, opening, aperture, hole // Öffnung *f*, Loch *n*: дыра, отсутствие материала в небольшой части тела, начиная с поверхности. «Пробивать отверстие» / punch // ein Loch machen.

ответ 1 / answer, reply, response // Antwort *f*: отклик, реакция на вопрос, реплика.

ответ 2 / answer // Lösung *f*: ответ к задаче — результат решения задачи.

отвлечённый / abstract // abstrakt: абстрактный, идеализированный

(в противоположность конкретному).

отдёл / department, section // Abteilung *f*, Sektion *f*: ведомство, часть учреждения.

отделёние / department, branch, division // Abteilung *f*, Filiale *f*: филиал, например, «Сибирское Отделение Российской Академии Наук» / the Siberian Branch of the Russian Academy of sciences // die sibirische Abteilung der Russischen Akademie der Wissenschaften.

отделёние переменных: то же, что *разделение переменных*.

отделённая от нуля / bounded away from zero // von Null beschränkt: переменная величина X , удовлетворяющая неравенству вида $|X| \geq C$, где $C > 0$ — постоянное число.

отделимость / separability // Trennbarkeit *f*: в теории *множеств*: говорят, что множества A и A' отделимы при помощи множеств, обладающих свойством P , если существуют обладающие свойством P множества B и B' такие, что $A \subset B$, $A' \subset B'$, $B \cap B' = \emptyset$. См. также *хаусдорфово пространство*.

отдельная точка, изолированная точка / isolated point // isolierter Punkt: точка множества, в некоторой окрестности которой нет других точек множества.

отказ 1 / failure // Fehler *m*, Versagen *n*: ошибка при работе механизма или устройства, сбой.

отказ 2 / refusal, denial, rejection // Absage *f*, Ablehnung *f*, Verweigerung *f*: отрицательный ответ на запрос, отклонение просьбы; воздержание; отречение от своих слов.

отклик / response, reaction, comment // Widerhall *m*, Antwort *f*, Echo *n*, Äußerung *f*: реакция на какое-либо высказывание, заявление, публикацию.

отклонёние / deviation, deflection // Abweichung *f*: отличие какой-либо величины от её среднего или стандартного значения.

отклоняющая система / deflecting system // Abweichungssystem *n*: система магнитов, индукционных катушек и электрически заряжаемых пластин в электронно-лучевой трубке, предназначенная для управления пучком электронов.

отклоняющийся аргумент / deviating argument // abweichendes Argument: см. *дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом*.

открытие / discovery // Entdeckung *f*: найденный (ранее не известный) закон природы, небесное тело, остров или иной географический объект, минерал, живой организм, памятник древней цивилизации и т.д., представляющий научную, культурную или хозяйственную ценность.

открытое множество / open set // offene Menge: *множество*, каждый элемент которого принадлежит этому множеству вместе со своей некоторой *окрестностью*. Примеры: интервал на числовой оси $|x - a| < b$; на

плоскости: круг $x^2 + y^2 < r^2$, кольцо $1 < x^2 + y^2 < 2$, полоса $0 < x < 1$, $-\infty < y < +\infty$; в пространстве: шар $x^2 + y^2 + z^2 < r^2$, внутренность многогранника. См. также *замкнутое множество*.

открытые системы / open systems // offene Systeme: в *термодинамике* открытыми называют системы, которые обмениваются с окружающей средой веществом, энергией или импульсом. Если отклонение открытой системы от состояния термодинамического равновесия мало, то неравновесное состояние можно характеризовать теми же параметрами, что и равновесное, но не с постоянными для всей системы значениями, а с зависящими от координат и времени. Отклонения термодинамических параметров от их равновесных значений вызывают в системе потоки энергии и вещества (явления переноса).

открытый резонатор / open resonator // offener Resonator: *колебательная система*, образованная совокупностью зеркал и призм полного отражения, в которой могут существовать собственные слабо затухающие электромагнитные колебания (*стоячие волны*), длина волны которых во много раз меньше, чем размеры зеркал и расстояние между ними. Открытые резонаторы используют в качестве высокودобротных резонансных колебательных систем в приборах оптического и субмиллиметрового диапазона длин волн (см. *оптический резонатор*).

отлив / ebb, ebb-tide, reflux // Ebbe *f*: периодическое понижение уровня моря в промежутке между *приливами*, обусловленное отходом воды от берега в море. Явление объясняется неоднородностью полей притяжения Луны и Солнца. См. также *прилив*.

отличие / difference, distinction // Unterschied *m*: разница.

отнимать / subtract, take away, deduct // subtrahieren, abziehen: *вычитать*, отбирать часть от целого.

относительная влажность воздуха / relative humidity of air // relative Luftfeuchtigkeit: выраженное в процентах отношение давления водяного пара в воздухе к давлению насыщенного водяного пара (при данной температуре).

относительная молекулярная масса / relative molecular mass // relative Molekularmasse: значение массы молекулы, выраженное в *атомных единицах массы*. Практически молекулярная масса равна сумме масс входящих в нее атомов (см. *атомная масса*).

относительно 1 / relatively // relativ, verhältnismässig: сравнительно, по сравнению с чем-то или кем-то (обычно — со средним уровнем): «ожидается относительно жаркое лето» / the summer is expected to be relatively hot // ein relativ heißer Sommer wird erwartet.

относительно 2 / concerning, regarding, with respect to, in relation to, about // in bezug (auf, Ak.), bezüglich, betrifft (Gen.): «относительно

Вашего запроса сообщаем...» / concerning your request we are glad to inform you... // bezüglich Ihres Antrags möchten wir Ihnen Folgendes mitteilen...
 /// «возьмём производную относительно [или: по] переменной t » / we take a derivative with respect to the variable t // nehmen wir die Ableitung nach der Variable t .

относительное движение / relative motion // Relativbewegung f : движение материальной точки или тела, рассматриваемое по отношению к подвижной системе отсчета, которая в свою очередь движется заданным образом по отношению к некоторой другой системе отсчета (как правило инерциальной), условно принятой за неподвижную. Движение подвижной системы относительно неподвижной в таких случаях принято называть переносным движением, а движение рассматриваемого тела относительно неподвижной системы — абсолютным (или сложным) движением. В *классической механике* скорость абсолютного движения равна векторной сумме относительной и переносной скоростей (классический закон сложения скоростей); в *релятивистской механике* преобразование скорости (связь относительной и абсолютной скоростей) выражается более сложными формулами, учитывающими абсолютный характер скорости света в вакууме.

относительное отверстие / aperture ratio // Öffnungsverhältnis n , relative Öffnung: отношение диаметра действующего отверстия *объектива* к его *фокусному расстоянию*. Квадрат относительного отверстия определяет освещенность в плоскости изображения и называется светосилой объектива.

относительный / relative // relativ: сравнительный, например: «при новом директоре поддерживается относительный порядок».

относительный максимум 1: то же, что *локальный максимум*.

относительный максимум 2: то же, что *условный максимум*

относительный минимум 1: то же, что *локальный минимум*.

относительный минимум 2: то же, что *условный минимум*

отношение 1 1) quotient // Quotient m : в арифметике: дробь, частное, результат деления чисел, например, отношение 8 к 4 равно 2 (запись: $8 : 4 = 2$ или $\frac{8}{4} = 2$);

2) ratio // Verhältnis n : в геометрии: отношение двух геометрических величин, например: «Разделить отрезок AB в отношении $3 : 2$ » означает найти на этом отрезке точку C такую, что $|AC| : |CB| = 3 : 2$;

3) relation // Relation f : в *теории множеств*: пусть X — некоторое множество, $n \geq 1$ — фиксированное натуральное число, $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — набор каких-нибудь элементов множества X . Множество наборов вида $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где каждый из x_k ($k = 1, \dots, n$) пробегает независимо от других всё множество X , называется декартовой степенью $X^n = X \times X \times \dots \times X$ множества X , а всякое подмножество множества X^n называется n -местным (или n -арным) отношением. При $n = 1$ отношение называют

свойством, при $n = 2$ — бинарным отношением. См. также *прямое произведение*.

отношение 2 / respect // Bezug m : «по отношению ко мне была допущена ошибка» / a mistake has been done with respect to me // ein Fehler war in Bezug auf mich gemacht.

отношение 3 / attitude // Verhältnis n , Beziehung f : «моё отношение к Петрову» / my attitude towards Petrov // mein Verhältnis zu Petrow.

отношение эквивалентности / equivalence relation // Äquivalenzrelation f : обобщение понятия равенства. Отношение эквивалентности ($\sim$) на множестве X — это бинарное отношение, обладающее следующими свойствами: 1) рефлексивность: $a \sim a$ для любого a в X ; 2) симметричность: если $a \sim b$, то $b \sim a$; 3) транзитивность: если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$. Знак $\sim$ читается «эквивалентно». Примеры отношения эквивалентности: равенство элементов произвольного множества; сравнение чисел по модулю; отношение *подобия* в евклидовой геометрии; отношение параллельности прямых в евклидовой геометрии.

отображение / mapping, map // Abbildung f : правило, которое сопоставляет каждому из элементов одного множества образ этого элемента, т.е. один или несколько элементов другого множества. Обозначим первое множество через X , второе через Y , правило через f , тогда образ элемента $x \in X$ записывается в виде $f(x)$; элемент x называется при этом прообразом элемента (или элементов) $f(x)$. Обозначение отображения: $f : X \rightarrow Y$. Правило f называют также, в зависимости от ситуации, *функцией*, *функционалом*, *оператором*, *преобразованием*. Термины: 1) f называется отображением X **на** Y (surjection, onto mapping // surjektive Abbildung, Surjektion f), если объединение U образов всех элементов $x \in X$ совпадает с множеством Y ; 2) f называется отображением X **в** Y (injection, into mapping // injektive Abbildung, Injektion f), если U есть собственное подмножество множества Y , или, другими словами, если существует хотя бы один элемент множества Y , для которого нет прообраза в X .

Если образ каждого элемента $x \in X$ состоит из одного элемента: $f(x) = y$, $y \in Y$, то отображение f называется однозначным, в противном случае — многозначным. Обычно рассматривают однозначные отображения. Примеры однозначных отображений: 1) $X = Y = [-1, 1]$, $f(x) = x^2$, $U = [0, 1]$ — отображение X в Y ; 2) $X = Y = [-1, 1]$, $f(x) = x^3$, $U = [-1, 1]$ — отображение X на Y ; 3) X — множество квадратов, у которых длина сторон выражается натуральными числами, $Y = \mathbf{N}$ — множество натуральных чисел, $f(x)$ — площадь квадрата $x \in X$; здесь f — отображение X в Y . Пример многозначного отображения: $X = [0, 1]$, $Y = [-1, 1]$, $f(x) = \pm x$.

отождествление / identifying, identification // Identifizierung f , Iden-

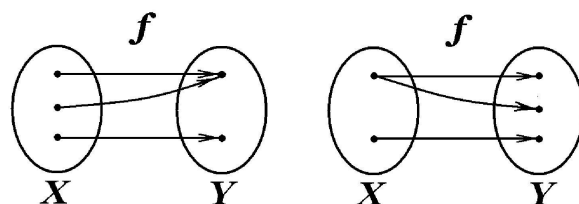


Рис. 126: Отображения

ification f : действие, при котором *отождествляют* объекты, а также результат этого действия.

отождествля́ть / identify // identifizieren: отождествить объекты P и Q — означает считать их равными, совпадающими, т.е. считать их за один объект. Пример: если отождествить специальным образом стороны AB и CD прямоугольника $ABCD$, то получится *лист Мёбиуса*. Именно, пусть на плоскости xy вершины прямоугольника будут: $A(0, 0)$, $B(0, 1)$, $C(2, 1)$, $D(2, 0)$. Отождествим каждую точку вида $P(0, y)$, где $y \in [0, 1]$, с точкой $Q(2, 1-y)$, при этом получается искомая односторонняя поверхность.

отправна́я то́чка / starting point // Ausgangspunkt m : точка, от которой начинается движение (или рассуждение).

отража́тель / reflector // Reflektor m : поверхность, *отражающая* электромагнитные волны (в частности свет), звуковые или другие волны. Отражательная призма характеризуется тем, что вошедший в неё свет испытывает внутри призмы полное отражение от одной или последовательно от нескольких плоских полированных граней.

отража́тельная спосо́бность / reflectivity // Reflexionsgrad m : характеристика поверхности тела или границы раздела двух сред, определяющая её способность отражать падающий поток излучения. Количественно отражательная способность характеризуется *коэффициентом отражения*, равным отношению потока излучения, отраженного телом, к падающему на его поверхность потоку излучения. Отражательная способность зависит от оптических характеристик граничащих сред (от показателей преломления в случае прозрачных сред), а также от угла падения и *поляризации* падающего излучения. Зависимость отражательной способности от длины волны излучения в видимой области воспринимается глазом как окраска отражающей поверхности.

отража́ть / reflect // reflektieren: реагировать на приходящие *волны*, формируя ответные уходящие (отражённые) волны.

отраже́ние 1 / reflection // Reflexion f : явление, при котором *волны* приходят к препятствию, и препятствие их *отражает*.

отражéние 2 / mirror image // Spiegelbild n : зеркальное изображение предмета, полученное при помощи *отражения* (1).

отражéние 3 / reflection // Spiegelung f : в геометрии: отражение относительно плоскости α — преобразование пространства, при котором всякой точке M сопоставляется точка M' , симметричная ей относительно плоскости α ; это означает, что отрезок MM' перпендикулярен плоскости α и делится ею пополам. Точка M' называется отражением точки M относительно данной плоскости. Если x, y, z — *декартовы координаты* точки M , то точка M' , симметричная ей относительно плоскости $z = 0$, имеет координаты $x, y, -z$.

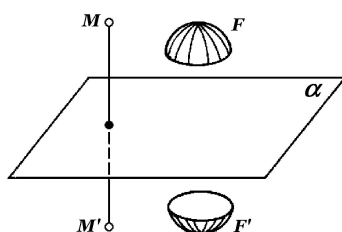


Рис. 127: Отражение

отражéние волн / wave reflection // Wellenreflexion f : переизлучение волн препятствиями с изменением направления их распространения вплоть до противоположного. Отражающими объектами могут быть непрозрачные тела, в которых волны данной природы (и данной длины) распространяться не могут, неоднородности среды, границы раздела между средами. На границе раздела сред наряду с отражением обычно происходит *преломление волн*. Амплитуды, фазы и направления распространения отраженной и преломленной (прошедшей) волн могут быть рассчитаны путем согласования волновых полей по разные стороны от границы раздела в соответствии с граничными условиями.

отражéние свéта / reflection of light // Lichtreflexion f : явление, заключающееся в том, что при падении света на границу раздела двух сред взаимодействие света с веществом приводит к появлению световой волны, распространяющейся от границы раздела обратно в первую среду. Несамосветящиеся тела становятся видимыми благодаря отражению света от их поверхностей.

Пространственное распределение потока отраженного света зависит от соотношения размеров неровностей поверхности (границы раздела) и длины волны λ излучения. Если размеры неровностей малы по сравнению с λ , отражение будет правильным, или зеркальным. В противном случае шероховатых или матовых поверхностей отражение будет диффузным.

Если же неровности с размерами λ и более расположены регулярно, пространственное распределение отраженного света имеет специфический характер, близкий к наблюдаемому при отражении от *дифракционной решетки*.

В случае зеркального отражения света выполняются *законы отражения*, согласно которым отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью к отражающей поверхности, а угол отражения равен углу падения φ . Интенсивность отраженного света определяется *коэффициентом отражения*, который зависит от угла падения и поляризации падающего света, а также от соотношения *показателей преломления* n_1 и n_2 первой и второй сред. Для границы прозрачных сред эта зависимость выражается формулами Френеля. При наклонном падении света на границу оптически менее плотной среды, когда $n_2 < n_1$ и $\sin \varphi > n_2/n_1$, отражение будет полным, т.е. вся энергия падающего света возвращается в первую среду (энергия отраженного пучка равна энергии падающего). Зеркальное отражение от поверхностей сильно отражающих сред (например, металлов) характеризуется высокими значениями коэффициента отражения (чем и объясняется широкое применение металлизированных поверхностей в зеркалах) и более сложной зависимостью поляризации отраженного света от угла падения.

отрезок / segment, closed interval // abgeschlossenes Intervall: в геометрии — часть прямой линии, ограниченная двумя точками; в анализе — замкнутый промежуток, или подмножество *действительных чисел* $x \in \mathbf{R}$, ограниченное снизу и сверху, включая границы: $a \leq x \leq b$.

отрезок, отсекаемый на оси Ox / intercept on the Ox -axis // Achsenabschnitt m : в *аналитической геометрии*: на плоскости — прямая линия $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$ отсекает на оси Ox отрезок a , на оси Oy отрезок b ; в пространстве плоскость $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1$ отсекает на осях Ox, Oy, Oz соответственно отрезки a, b, c .

отрицательно (положительно) определённый / negative (positive) definite // negativ (positiv) definit: *симметричный оператор* A в *гильбертовом пространстве* H с областью определения D_A называется отрицательно (положительно) определённым, если существует число $\gamma > 0$ такое, что для всех $x \in D_A$ выполняется неравенство $(Ax, x) \leq -\gamma(x, x)$ (соответственно, неравенство $(Ax, x) \geq \gamma(x, x)$). *Эрмитовская матрица* A как оператор в конечномерном *векторном пространстве* является отрицательно (положительно) определённой, если все её *собственные значения* отрицательны (положительны).

Квадратичная форма действительной симметричной матрицы A называется отрицательно (положительно) определённой, если все собственные значения матрицы A отрицательны (соответственно, положительны). См. также *критерий Сильвестра*.

отрицательный / negative // negativ: в математике: отрицательное число — *вещественное число*, меньшее нуля, например, -5 . В физике: отрицательный электрический заряд — заряд *электрона*, антипротона и некоторых других элементарных частиц, а также заряд отрицательных *ионов*.

отрывок / fragment // Fragment n , Bruchstück n , Abschnitt m , Ausschnitt m : небольшая (обычно содержательная) часть текста.

отсечение / cut, truncation, cutting-off // Abbrechen n , Abbruch m : отделение и отбрасывание части геометрической фигуры или части *ряда*. При отсечении от ряда $S = x_1 + x_2 + \dots + x_n + \dots$ бесконечной части, начиная с x_{n+1} , возникает ошибка отсечения (truncation error // Abbruchfehler m) — разница между суммой всего ряда S и оставшейся конечной суммой $S_n = x_1 + x_2 + \dots + x_n$.

отсутствие / absence, lack // Fehlen n , Mangel m : нехватка, неналичие, недостаток.

отсчёт / reading, reference // Abzählen n : считывание показаний прибора, измеряющего какую-либо физическую величину. «Система отсчёта» / frame of reference // Bezugssystem n .

отталкивание / repulsion // Abstoßung f : взаимодействие двух тел называется отталкиванием, если силы взаимодействия стремятся увеличить расстояние между этими телами.

оттёнок / nuance, shade // Nuance f , Schattierung f : лёгкое отличие в цвете, характере звука, смысле какого-либо сообщения.

оттиск / reprint, offprint // Abdruck m : оттиск статьи — текст статьи, напечатанный отдельно от остальных статей сборника.

охлаждать / cool // kühlen, abkühlen: понижать *температуру* тела, отнимая теплоту.

оценка 1 / estimate, estimation, bound // Abschätzung f : в математическом анализе — неравенства, ограничивающие данную числовую величину X , например, $-1 \leq \sin x \leq 1$. Часто оценку такого рода записывают в виде $|X - P| \leq C$, где P и C — некоторые величины. «Оценка сверху (снизу)» / upper (lower) estimate // Abschätzung nach oben (unten): неравенство вида $X \leq C$ (соответственно $X \geq C$).

оценка 2 / estimator // Schätzung f , Schätzfunktion f : в *математической статистике*: термин «оценка» используют для приближённого значения данной величины, например, при *обработке наблюдений* обычно в качестве оценки измеряемой величины берут среднее арифметическое от её (приближённо) измеренных значений. См. также *статистическая оценка*.

оценка 3: то же, что *отметка 1*.

очаг землетрясения / seismic focus // Erdbebenherd m : см. *землетрясение*.

«очарование» / charm // Charme m , Charmezahl f : аддитивное квантовое

число, характеризующее *адроны* или *кварки*. Частицы с ненулевым значением «очарования» называются «*очарованными*» *частицами*. В кварковой модели адронов «очарование» равно разности между числами «очарованных» кварков и антикварков, из которых построен адрон. «Очарование» сохраняется в сильном и электромагнитном взаимодействиях.

«очарованные» частицы / charmed particles // Charm-Teilchen *pl*: семейство *адронов*, обладающих ненулевым значением квантового числа «очарование». Очарованные частицы распадаются на обычные адроны только за счет *слабого взаимодействия*. Открытие «очарованных» частиц стало триумфом теории, использующей кварковую модель элементарных частиц, которая предсказала существование новых частиц задолго до их экспериментального обнаружения. Обнаружение «очарованных» частиц стало важным экспериментальным подтверждением современной теории *сильного взаимодействия* — квантовой хромодинамики.

очевидно / evidently, obviously, it is evident, it is obvious, apparently // offensichtlich, offenkundig, offenbar: «очевидно, в вычислении имеются ошибки» / obviously, there are mistakes in the calculation // es gibt offensichtlich die Fehler in der Berechnung. /// «Это очевидно» / it is evident // es liegt auf der Hand.

очевидный / evident, obvious, trivial // offensichtlich, offenkundig, offenbar: ясный, сразу понятный, тривиальный.

очередной / next // nächst, folgend: следующий по очереди, ближайший.

очередь / queue, turn, line // Schlange *f*, Reihe *f*: «у кассы стояла очередь» / a line (=queue) stood by the cash-desk // eine Schlange stand an der Kasse /// «Теперь моя очередь» / now it is my turn // jetzt bin ich an der Reihe /// «По очереди» / in turn // der Reihe nach.

очистка / clearing, cleaning // Räumung *f*: очистка памяти компьютера — стирание, удаление из памяти ненужных данных.

очки / spectacles, glasses // Brille *f*: самый распространенный оптический прибор для улучшения зрения при оптических несовершенствах глаза и для защиты глаз от различных вредных воздействий. Корректирующие очки состоят из оправы и *линз*; защитные очки состоят из оправы и *светофильтров* или особо прочных стёкол.

очко́ / score, ace // Auge *n*, Punkt *m*: балл при *игре*. «Сумма очков» / score sum // Punktzahl *f*.

ошибаться / make a mistake, err // Fehler machen, sich irren: делать *ошибку* (1).

ошибка 1 / mistake // Irrtum *m*, Versehen *n*: неверное действие или его результат, недосмотр; заблуждение. «По ошибке» / by mistake, erroneously // aus Versehen, fehlerhaft.

ошибка 2 / error // Fehler *m*: погрешность, разница между истинным

и приближённым значениями. «Ошибка округления» / round-off error, rounding error // Rundungsfehler *m*.

ошибка наблюдения / observational error // Beobachtungsfehler *m*: ошибка, или погрешность, при измерении какой-либо величины. См. *теория ошибок*.

ошибка при отбрасывании членов / truncation error // Abbrechfehler *m*, Abbruchfehler *m*: погрешность, возникающая при замене суммы всего ряда частичной суммой, см. *отбрасывание*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

П

падающая волна / incident wave // einlaufende Welle, einfallende Welle: волна, приходящая к данному препятствию, отражателю или границе раздела сред.

падéние 1 / fall, drop [быстрое] // Fallen *n*, Sturz *m* [обвал, крушение]: а) приближение тела к притягивающей массе под действием силы притяжения, например, падение на поверхность Земли, Луны, падение в пропасть; б) «падéние напряжения» / voltage drop // Spannungsabfall *m* /// «падéние атмосферного давления» / fall of the atmospheric pressure // Luftdrucksfallen *n*.

падéние 2 / incidence // Einfall *m*: падение лучей или волн на препятствие. «Угол падения равен углу отражения» / the angle of incidence equals the angle of reflection / der Einfallswinkel ist dem Reflexionswinkel gleich.

пакéт волновóй: см. *волновой пакет*.

пáмьятъ компьютерá / memory // Speicher *m*: запоминающее устройство. «Оперативная пáмьятъ» / random-access memory, RAM // Schreib-Lese-Speicher, RAM /// «постоянная пáмьятъ» / permanent memory, read-only memory, ROM // Nur-Lese-Speicher, ROM /// «жёсткий диск, винчестер» / harddisk // Festplatte *f*.

пар / vapor, vapour // Dampf *m*: вещество в газообразном агрегатном состоянии (в газообразной фазе). «Водяной пар» / steam // Wasserdampf *m*.

пáра / couple, pair // Paar *n*: два объекта, связанные в единый объект: *пара сил* / couple, forces couple // Kräftepaar *n* /// *термопара* / thermocouple // Thermopaar *n* /// электронно-позитронная пара /electron-positron pair // Elektron-Positron-Paar *n*.

пара́бола / parabola // Parabel f : плоская кривая, одна из *кривых второго порядка*. Каноническое уравнение: $y^2 = 2px$. Здесь x, y — прямоугольные декартовы координаты точки параболы, p — параметр, $p > 0$. Парабола состоит из одной бесконечной *выпуклой* ветви, симметричной относительно оси абсцисс. Точка $F(p/2, 0)$ называется *фокусом* параболы. Парабола *асимптот* не имеет. В системе координат $Ox'y'$, повёрнутой на 90° по отношению к системе Oxy , уравнение параболы имеет вид $y' = Cx'^2$. Геометрически парабола может быть определена как плоская кривая, состоящая из точек, равноудалённых от фиксированных на плоскости точки и прямой, называемых соответственно фокусом и директрисой. Оптическое свойство параболического зеркала: лучи света, выходящие из фокуса, после отражения от зеркала идут параллельно оси симметрии параболы.

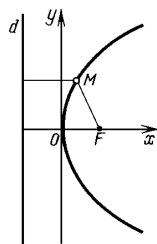


Рис. 128: Парабола

парабо́лическое уравне́ние / parabolic equation // parabolische Gleichung: линейное *дифференциальное уравнение* с частными производными вида

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \sum_{j,k=1}^n a_{jk}(x, t) \frac{\partial^2 u}{\partial x_j \partial x_k} + \sum_{k=1}^n b_k(x, t) \frac{\partial u}{\partial x_k} + c(x, t)u = f(x, t), \quad x = (x_1, \dots, x_n),$$

называется параболическим уравнением, или уравнением параболического типа, если $A = (a_{jk})$ — *положительно определённая* симметричная вещественная *матрица*. Пример: *уравнение теплопроводности*.

параболóид / paraboloid // Paraboloid n : поверхность в пространстве, заданная одним из двух уравнений:

$$(1) \quad z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}, \quad (2) \quad z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}.$$

Здесь x, y, z — прямоугольные координаты точки поверхности, a, b — полуоси. Поверхность (1) — эллиптический параболоид — *выпуклая поверхность*,

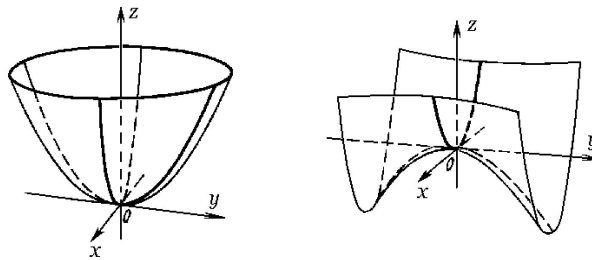


Рис. 129: Параболоиды

поверхность (2) — гиперболический параболоид («седло») — *линейчатая поверхность*.

Зеркало в форме параболоида вращения (поверхность (1) при $a = b$), обладает замечательным свойством: если в фокусе параболоида (т.е. в точке $F(0, 0, a^2/4)$) поместить источник света, то лучи света после отражения от зеркала пойдут параллельно оси симметрии параболоида, т.е. оси Ox . Это оптическое свойство используется в технике при изготовлении зеркал для телескопов-рефлекторов, прожекторов и параболических телевизионных антенн.

парадóкс / paradox // Paradoxon n : кажущееся логическое противоречие.

парадóкс часóв, парадокс близнецов / clock paradox // Uhrenparadoxon n : противоречащее классическим представлениям о пространстве и времени утверждение *теории относительности* о том, что часы, начавшие движение относительно некоторой инерциальной системы отсчета и возвратившиеся в ту же точку, отстают по сравнению с часами, которые все время находятся в этой точке. Парадокс (т.е. кажущееся противоречие) возникает тогда, когда связанную с такими часами систему отсчета (неинерциальную) принимают за неподвижную, и приходят к ошибочному заключению, что отстают неподвижные часы.

параксиáльный пучóк / paraxial beam // paraxiales Bündel: параксиальный пучок лучей света — пучок лучей, распространяющихся вдоль оси центрированной оптической системы на малых расстояниях от оси и образующих малые углы с ней. Основные соотношения, описывающие образование изображений в оптических системах, строго справедливы только для параксиальных пучков лучей.

параллáкс / parallax // Parallaxe f : в астрономии — угол, под которым виден с какого-либо небесного светила перпендикулярный к лучу зрения радиус Земли (суточный параллакс) или радиус земной орбиты (годовой параллакс). Суточный параллакс используется для измерения расстояний

до Луны, Солнца, планет и комет, годичный — до звёзд. Звёздные параллаксы весьма малы: годовой параллакс ближайшей звезды альфа-Центавра составляет менее 1 угловой секунды (точнее, 0,76 секунды). Суточный параллакс Солнца равен 0,8 секунды.

параллелепипед / parallelepiped, parallelepipedon // Parallelepiped n , Spat n : тело в трёхмерном пространстве, шестигранник, грани которого — попарно параллельные и попарно равные *параллелограммы*. Число рёбер 12, число вершин 8. Объём параллелепипеда: $V = S \cdot h$, где S — площадь какой-либо из граней, h — соответствующая высота (расстояние от данной грани до параллельной ей грани). У *прямоугольного параллелепипеда* все грани — прямоугольники, все двугранные углы прямые, все углы между пересекающимися рёбрами — прямые.

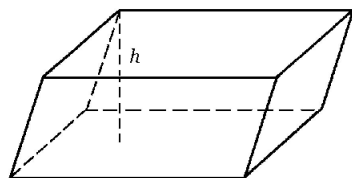


Рис. 130: Параллелепипед

параллелограмм / parallelogram // Parallelogramm n : плоская фигура: четырёхугольник, противоположные стороны которого параллельны и равны. Противоположные углы равны; два угла, примыкающие к каждой из сторон, составляют в сумме 180° . Площадь параллелограмма: $S = a \cdot h$, где a — длина какой-либо из сторон, h — соответствующая высота (расстояние от данной стороны до параллельной ей стороны). Имеют место формулы: $S = ab \sin \phi$, $S = d_1 d_2 \sin \gamma$, где a и b — длины двух соседних сторон, ϕ — угол между этими сторонами, d_1 и d_2 — длины диагоналей, γ — угол между диагоналями.

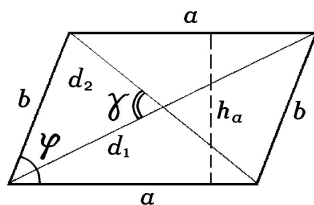


Рис. 131: Параллелограмм

параллель / parallel // Breitenkreis m : окружность на поверхности

земного шара — пересечение этой поверхности с плоскостью, параллельной плоскости *экватора*, см. также *широта* и *меридиан*.

параллельное соединёние / parallel connection // Parallelschaltung *f*: соединение двухполюсных элементов электрической цепи, при котором соединены между собой входные полюсы всех элементов и соединены между собой выходные полюсы всех элементов. При параллельном соединении n элементов ток разветвляется на n параллельно текущих токов, при этом складываются *проводимости* отдельных элементов: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

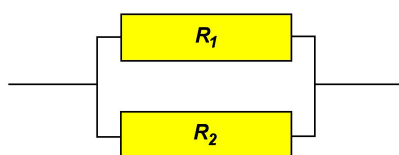


Рис. 132: Параллельное соединение резисторов

параллельный / parallel // parallel: в геометрии — две прямые, лежащие в одной плоскости, называются параллельными, если они не пересекаются. Две плоскости в пространстве называются параллельными, если они не пересекаются. Свойство параллельности сохраняется при *аффинных преобразованиях* пространства.

параллельный перенос / translation, parallel displacement, parallel shift // Translation *f*, Parallelverschiebung *f*: частный случай движения, при котором все точки пространства перемещаются в одном и том же направлении на одно и то же расстояние. Иначе, если M — первоначальное, а M' — смещённое положение точки, то вектор $\overrightarrow{MM'}$ — один и тот же для всех пар точек, соответствующих друг другу в данном преобразовании. Если в прямоугольной системе координат точка M имеет координаты x, y, z , а точка M' соответственно x', y', z' , то п.п. описывается формулами $x' = x + a$, $y' = y + b$, $z' = z + c$, где a, b, c — координаты вектора $\overrightarrow{MM'}$.

парамагнетизм / paramagnetism // Paramagnetismus *m*: свойство определённых веществ (парамагнетиков) намагничиваться (приобретать *магнитный момент*) в направлении, совпадающем с направлением внешнего магнитного поля. В отсутствие внешнего магнитного поля *намагниченность* парамагнетиков равна нулю и они, в отличие от *ферромагнетиков* и *ферримагнетиков*, не обладают магнитной структурой. Парамагнетизм характерен для веществ, атомы (молекулы), ионы или ядра которых обладают собственными магнитными моментами, но в отсутствие внешнего поля эти моменты ориентированы хаотически, так что вектор намагниченности

J (магнитный момент единицы объема) равен нулю. Во внешнем магнитном поле элементарные магнитные моменты ориентируются преимущественно по полю, и с ростом напряженности поля H намагниченность увеличивается пропорционально полю: $J = \kappa H$, где магнитная восприимчивость κ , в противоположность диамагнетикам, для парамагнетиков всегда положительна и по порядку величины составляет $10^{-7} - 10^{-4}$. Если поле очень велико, то все элементарные магнитные моменты будут ориентированы по полю, т.е. наступает магнитное насыщение. С повышением температуры при неизменной напряженности поля возрастает дезориентирующее действие хаотического теплового движения частиц, и магнитная восприимчивость убывает (в простейших случаях обратно пропорционально абсолютной температуре: $\kappa = C/T$ — закон Кюри).

парáметр / parameter // Parameter m : в математике — условное название одной из независимых переменных, от которой зависят рассматриваемые функции. Термин используется при *параметрическом задании* функций, кривых и поверхностей, а также при описании семейств кривых или поверхностей, зависящих от параметра или параметров. Говорят, что семейство кривых на плоскости Oxy зависит от параметра C , если уравнение семейства имеет вид $y = f(x, C)$ или $F(x, y, C) = 0$, например, семейство парабол $y = Cx^2$, семейство окружностей $x^2 + y^2 = C$. Общий вид уравнения семейства поверхностей в пространстве, зависящего от одного параметра: $F(x, y, z, C) = 0$. См. также *двупараметрический*.

В физике п. — одна из физических величин, характеризующих данное физическое явление или систему, например, равновесное состояние газа определяется такими термодинамическими параметрами как объём, давление и температура.

параметриза́ция / parametrization // Parametrisierung f : введение параметров для получения *параметрического задания* кривой или поверхности. Например, если ввести параметр $t = y/x$, то уравнение $x^3 - y^3 - xy = 0$ преобразуется к параметрическому виду $x = \frac{t}{1-t^3}$, $y = \frac{t^2}{1-t^3}$.

параметри́ческое за́дание / parametric representation // parametrische Darstellung: параметрическое задание функции: говорят, что функция $y(x)$ задана параметрически, если задана зависимость переменных x и y от независимой переменной t , называемой параметром: $x = f(t)$, $y = g(t)$. Если решить уравнение $x = f(t)$ относительно t («выразить t через x ») и подставить $t(x)$ в равенство $y = g(t)$, то получим явно заданную функцию $y(x) = g(t(x))$. Пример: пусть $x = t^3$, $y = 1 + t^2$, тогда $t = \sqrt[3]{x}$, $y = 1 + x^{2/3}$.

При п.з. кривой на плоскости или в пространстве задают зависимость координат переменной точки кривой от параметра: $x = f(t)$, $y = g(t)$, $z = h(t)$. Часто в приложениях параметр t имеет смысл времени. Поверхность

в трёхмерном пространстве задают параметрически при помощи двух параметров: $x = f(u, v)$, $y = g(u, v)$, $z = h(u, v)$. Когда точка $P(u, v)$ пробегает на плоскости (u, v) какую-нибудь область D , точка $Q(x, y, z)$ пробегает в пространстве (x, y, z) некоторую поверхность, например, *тор*.

параметрический резонанс / parametric resonance // parametrische Resonanz: явление *резонанса*, вызванное периодическим изменением *параметров* колебательной системы, причём система получает энергию от внешнего источника при помощи этого изменения. Основной п.р. наступает, когда за один период собственных колебаний совершается два цикла *модуляции* параметра. Пример: стоя на качелях, можно раскачать качели, не отталкиваясь от земли, если приседать в моменты наибольших отклонений и вновь выпрямляться при прохождении качелей через нижнее положение равновесия.

параметры Ламе: см. *постоянные Ламе*.

параметры состояния / state parameters // Zustandsgrößen *pl*: в термодинамике — физические величины, характеризующие состояние термодинамической системы, например, равновесное состояние определённого количества газа определяется такими термодинамическими параметрами как объём, давление и температура.

пара сил / couple, forces couple // Kräftepaar *n*: в механике — система двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, действующих на твёрдое тело, равных по модулю и направленных в противоположные стороны ($\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$) вдоль параллельных прямых, отстоящих на некоторое расстояние l , называемое плечом пары. Пара сил не имеет равнодействующей, т.е. её нельзя заменить (а следовательно и уравновесить) одной силой.

Действие п.с. на тело характеризуется её моментом $\vec{N}$, т.е. суммой *моментов сил* $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Момент п.с. не зависит от выбора полюса, т.е. точки, из которой проводятся радиусы-векторы в точки приложения сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Вектор $\vec{N}$ направлен перпендикулярно плоскости, в которой лежат силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, а его модуль равен произведению величины F одной из сил пары на плечо пары: $N = Fl$.

парный / conjugate, dual, twin // dual, paarig: дуальный, двойственный, сопряжённый.

парообразование / vaporization // Dampfbildung *f*: переход вещества из конденсированной фазы (жидкого или твердого агрегатного состояния) в газовую фазу (фазовый переход первого рода), для осуществления которого веществу необходимо сообщить некоторое количество теплоты (теплота парообразования). Процесс парообразования со свободной поверхности жидкости называют испарением, со свободной поверхности твердого тела — сублимацией; парообразование в объеме жидкости с образованием растущих и всплывающих на поверхность пузырьков, заполненных насыщенным

паром, называют *кипением*.

парсёк / parsec // Parsec *n*, Parsek *f*, Parallaxensekunde *f*: единица длины, применяемая в астрономии, равная расстоянию от Земли до объекта, годичный *параллакс* которого составляет 1 угловую секунду. Один парсек равен 3,26 *светового года*, или $30,8 \cdot 10^{12}$ км.

парциальное давлéние / partial pressure // Partialdruck *m*: в физике — *давление* одной из составляющей смеси газов. См. *закон Дальтона*.

Паска́ль (Blaise Pascal, 1623–1662): французский физик, математик и философ. Выдающийся вклад в математику — в *теорию вероятностей*, *геометрию* и *анализ* бесконечно малых, см. также *треугольник Паскаля*; в физику — исследование давления в газах и жидкостях (*закон Паскаля*), изобретение *барометра*.

паска́ль 1 / pascal, Pa // Pascal *n*, Paskal *n*: единица СИ давления и механического напряжения (сокращенно Па). 1 Па равен давлению, создаваемому силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м². $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ атм} = 7,50 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.} = 0,102 \text{ мм вод. ст.}$

Паска́ль 2, паска́ль / Pascal // PASCAL *n*: один из *языков программирования*. Благодаря развитой системе типов переменных, язык хорошо приспособлен для программирования разнообразных задач, а также для систематического обучения программистов.

пек / peck // Peck *n*: английская единица объёма для сыпучих веществ; 1 пек (1 pk) = 4 *квартам*. В Великобритании 1 пек = 9,092 литра, в США — 8,81 литра.

пентаго́н / pentagon // Pentagon *n*: пятиугольник, т.е. *многоугольник*, имеющий пять сторон.

пе́рвая косми́ческая ско́рость / orbital velocity // Bahngeschwindigkeit *f*: скорость, при которой спутник планеты может обращаться вокруг неё по предельно низкой (стелющейся) круговой орбите, не падая на планету (в предположении, что атмосфера отсутствует). Для Земли п.к.с. равна 7,9 км/с. См. также *космические скорости*.

пе́рвое нача́ло термодина́мики / first law of thermodynamics // erster Hauptsatz der Thermodynamik: один из основных законов термодинамики, обобщение *закона сохранения энергии* для систем, в которых существенную роль играют тепловые процессы. Одна из возможных формулировок первого начала термодинамики: при сообщении *термодинамической системе* некоторого количества теплоты Q в общем случае изменяется её внутренняя энергия U и система совершает некоторую работу A над внешними телами, при этом $Q = \Delta U + A$. По существу, п.н.т. можно рассматривать как утверждение о том, что внутренняя энергия U является функцией состояния термодинамической системы, т.е. что система в данном состоянии характеризуется

определенным значением U независимо от того, каким путем система приведена в данное состояние (в противоположность значениям работы A и теплоты Q , которые зависят от процесса, приводящего к изменению состояния системы). См. также *законы термодинамики*.

первообразная / antiderivative, primitive // Stammfunktion f : функция $F(x)$ называется первообразной (для) функции $f(x)$, если $f(x)$ равна производной от функции $F(x)$: $F'(x) = f(x)$. Пример: $f(x) = \cos x$, $F(x) = \sin x$. Если $F(x)$ — первообразная для $f(x)$, а C — постоянное число, то $F(x) + C$ — также первообразная. Если $F(x)$ и $G(x)$ — две первообразные для $f(x)$, то $F(x) - G(x) \equiv C$. Всякая первообразная — *непрерывная функция*.

перебóр / sorting, enumeration, item-by-item examination // Sichtung f : просматривание, поочерёдная проверка элементов некоторой совокупности.

перебрасывание / transfer, transposition // Auf-die-andere-Seite-Bringen n , Hinüberschaffen n : в теории *операторов* — перенесение действия оператора A с одного вектора на другой в выражении вида $(A\vec{x}, \vec{y})$, а именно: $(A\vec{x}, \vec{y}) = (\vec{x}, A^*\vec{y})$, где $(\vec{u}, \vec{v})$ — *скалярное произведение* векторов $\vec{u}$ и $\vec{v}$, A^* — оператор, *сопряжённый* оператору A . Для квадратной *матрицы* A перебрасывание означает запись суммы $\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^n a_{jk} x_k \right) \bar{y}_j$ в виде $\sum_{k=1}^n \left(x_k \sum_{j=1}^n \bar{a}_{jk} y_j \right)$.

перевáл, точка перевала / saddle point // Sattel m , Sattelpunkt m , Pass m : в геометрии: то же, что *седловая точка*. См. *метод перевала*.

перевóд 1 / translation // Übersetzung f , Dolmetschen n [устный]: преобразование текста от одного языка к другому языку.

перевóд 2 / conversion // Umrechnung f : преобразование одних единиц в другие, например, перевод градусов *Фаренгейта* в градусы *Цельсия*.

перевóд 3 / remittance, transfer // Überweisung f : денежный перевод — банковская операция, перечисление определённой суммы с одного счёта на другой.

переводíть 1 / translate, interpret [устно] // übersetzen, dolmetschen [устно]: делать *перевод (1)* текста.

переводíть 2 / transform // umformen: в математике — преобразовывать один объект в другой, например, «оператор A переводит вектор $\vec{x}$ в вектор $A\vec{x}$ ».

переводíть 3 / transfer, move // führen, bringen: переносить в другое место.

перевóдчик / translator, interpreter [устный] // Übersetzer m , Dolmetscher m [устный]: человек (или компьютерная программа), выполняющий *перевод (1)*.

перегиб / inflection // Wende f : перегиб плоской кривой — изменение направления выпуклости кривой. Точка перегиба (point of inflection //

Wendepunkt m) — точка на кривой, при прохождении через которую *выпуклость кверху* сменяется *выпуклостью книзу* (или наоборот). Касательная к кривой в точке п. делит кривую в окрестности этой точки на две части, лежащие по разные стороны от касательной. Пусть кривая l имеет в системе *декартовых координат* Oxy уравнение $y = f(x)$, причём функция $f(x)$ дважды дифференцируема в окрестности точки x_0 (за исключением, возможно, самой точки x_0). 1) Если точка $M = (x_0, f(x_0))$ — точка п. кривой $y = f(x)$, то $f''(x_0) = 0$ или не существует. 2) Если $f''(x_0) = 0$ или не существует, а $f''(x)$ меняет знак при переходе через точку x_0 , то x_0 — точка перегиба. Примеры: кривая $y = x^3$ имеет точку п. при $x = 0$, причём $y''(0) = 0$; кривая $y = x^{5/3}$ имеет точку п. при $x = 0$, причём $y''(0) = \infty$.

перегретая жидкость / superheated liquid // überhitzte Flüssigkeit: жидкость, нагретая без образования пара до температуры выше температуры кипения при данном давлении. Перегретую жидкость можно получить при нагревании очищенной от примесей жидкости в сосуде с гладкими стенками. Такое состояние жидкости является неустойчивым (метастабильным): при внесении в неё пылинок или ионов происходит быстрое вскипание жидкости. Явление используется в *пузырьковых камерах* для регистрации треков заряженных частиц.

перегретый пар / superheated steam [or: vapor] // überhitzter Dampf: пар, имеющий температуру выше температуры насыщения при том же давлении (см. *насыщенный пар*). Перегретый пар служит рабочим телом в тепловых двигателях, турбинах и т.п.

перегруз / overload // Überlastung f : в физике — приложение к телу силы, вызывающей ускорение больше ускорения *свободного падения*.

перегруппировка / rearrangement, regrouping // Umordnung f , Umgruppierung f : в математике (в теории *рядов*) — переставление членов ряда и суммирование их по группам. Если ряд сходится условно (см. *условно сходящийся ряд*), то в результате перегруппировки его сумма может измениться или перестать существовать.

передатчик / transmitter // Sender m : аппарат, способный излучать электромагнитные волны для обеспечения телевизионных или радио передач.

передвижение / movement // Verschiebung f : изменение положения. «Средства передвижения» / means of communication, means of conveyance // Transportmittel n , Verkehrsmittel n .

перёдний фронт / first front, leading edge) // Vorderflanke f : в физике: для бегущей *волны*, имеющей характер *импульса* (2), передний фронт — поверхность в пространстве, перемещающаяся вместе с волной и отделяющая часть пространства, до которой волновые колебания ещё не дошли, от части, в которую колебания уже пришли.

переключатель / switch // Umschalter *m*: в *программировании* — команда (1), передающая управление в различные части программы в зависимости от значения параметра переключателя.

переменная, переменное / variable // Variable *f*, Veränderliche *f*: в математике — величина, которая может принимать различные значения.

переменная звезда / variable star // veränderlicher Stern: звезда, видимый блеск которой меняется со временем. Различают периодические звёзды (в том числе *цефеиды*), неправильные переменные звёзды и новые звёзды. У части п.з. изменение блеска происходит от периодических процессов, происходящих во внешних слоях звёзд; известны также двойные затменные п.з.

переменный ток / alternating current [сокр: а.с.] // Wechselstrom *m*: электрический ток, напряжение которого меняется с течением времени. Особенно важный случай — периодический п.т., в частности, бытовой п.т., частота которого 50 Гц (в США — 60 Гц), а зависимость напряжения от времени — синусоидальная.

переместительность: то же, что *коммутативность*.

переместительный: то же, что *коммутативный*.

перемещение, движение / movement, motion, displacement // Bewegung *f*: изменение положения в пространстве. В частности, *параллельный перенос* и *вращение*.

перемножать / multiply // multiplizieren: выполнять *умножение* двух или более чисел.

перенормировка, ренормировка / renormalization // Renormierung *f*: в квантовой теории поля — процедура изменения параметров, входящих в уравнения движения квантовой теории поля. В качестве таких параметров обычно выступают массы частиц и заряды (константы связи). Процедура перенормировки преследует цель перехода к параметрам, имеющим непосредственный физический смысл, и устранения из теории бессмысленных расходящихся выражений, возникающих в процессе решения уравнений по *теории возмущений*.

перенос / division of words // Silbentrennung *f*: в грамматике — разбиение слова на две части и перенесение 2-й части на новую строку.

перенос излучения / radiation transfer // Strahlungsübertragung *f*: распространение электромагнитного излучения (в частности, оптического) в среде при наличии процессов испускания, поглощения и рассеяния. В процессах переноса излучения в общем случае происходит пространственно-частотное преобразование поля излучения.

Задачи переноса излучения можно разделить на два класса. К первому относятся процессы, в которых можно пренебречь преобразованием частоты поля излучения при его взаимодействии с веществом. Например, рассеяние света атмосферами планет рассматривается как перенос излучения без

изменения частоты в процессах рассеяния. Ко второму классу относятся задачи, в которых существенно изменение спектрального состава излучения.

перенóсное движéние / translational motion // Translationsbewegung f : в механике — движение подвижной системы отсчета по отношению к некоторой системе отсчета, условно принятой за неподвижную (см. также *относительное движение*).

перенóс теплоты́ / heat transfer // Wärmeübertragung f , Wärmetransport m : процесс теплопередачи в неравновесной термодинамической системе, происходящий при наличии градиента температуры, одно из *явлений переноса*. При наличии внешних полей (например, поля тяготения) перенос теплоты, помимо *теплопроводности*, происходит благодаря *конвекции*. В изолированной системе перенос теплоты приводит к выравниванию температур всех частей системы и установлению *термодинамического равновесия*.

перенóс энéргии / energy transfer // Energietransport m : совокупность безызлучательных процессов в веществе, благодаря которым энергия электронного возбуждения передается от возбужденной частицы (атома, иона, молекулы) к невозбужденной, находящейся на некотором расстоянии. Перенос энергии обусловлен электромагнитным взаимодействием между возбужденной и невозбужденной частицами, но отличается от *переноса излучения*, при котором невозбужденная частица-акцептор поглощает фотон, излученный возбужденной частицей-донором, находящейся от акцептора на расстоянии, большом по сравнению с длиной волны излучения.

переопределённая зада́ча / overdetermined problem // überbestimmte Aufgabe: задача, в которой поставлено слишком много условий, поэтому решение в обычном смысле не существует. Для переопределённых задач понятие решения вводят в каком-либо обобщённом смысле. Переопределённая система уравнений может возникнуть, например, в результате измерений. Пусть для физической величины y , линейно зависящей от температуры T : $y = a + bT$, в результате эксперимента получен ряд значений $y_1, y_2, \dots, y_n$ ($n > 2$) при соответствующих значениях $T_1, T_2, \dots, T_n$, причём все T_i различны. Если измерения были бы идеально точными, то два параметра a и b определились бы по двум измерениям из линейной системы $a + bT_1 = y_1$, $a + bT_2 = y_2$, а остальные $n - 2$ уравнений выполнялись бы автоматически. В действительности измерения всегда содержат погрешности, поэтому система из $n > 2$ уравнений с двумя неизвестными оказывается противоречивой, она не имеет (точного) решения. Но точное решение и не имеет смысла, поскольку все значения y_i и T_i приближённые. В данной задаче имеет смысл искать линейную функцию $y(T)$, наименее отклоняющуюся от табличных данных в смысле среднего квадратичного отклонения, см. *метод наименьших квадратов*.

переохлаждённая жидкость / supercooled liquid // überkühlte Flüssigkeit: жидкость, охлаждённая без кристаллизации до температуры ниже температуры плавления вещества при данном давлении. Такое состояние жидкости является нестабильным: при внесении в неё центров кристаллизации или при резком механическом воздействии происходит быстрое затвердевание жидкости. В условиях, когда процессы возникновения и роста зародышей твердой фазы протекают замедленно (кристаллизация очень вязкой жидкости, например стекла или расплавленного металла), глубоким переохлаждением можно получить практически устойчивую фазу (в метастабильном состоянии) со структурой, характерной для более высоких температур. На этом основано получение стекла и закалка сталей.

переохлаждённый пар / supercooled steam [or: vapor] // überkühlter Dampf: пар, охлаждённый ниже *температуры кипения* соответствующей жидкости при данном давлении. При внесении в переохлаждённый пар центров конденсации происходит быстрое превращение пара в жидкость.

переоценка 1) re-evaluation // Umwertung *f*: новая, пересмотренная, оценка прежних данных; 2) overestimate, overestimation // Überschätzung *f*, Überwertung *f*: завышенная оценка каких-либо результатов.

перепад / jump, difference // Gefälle *n*, Unterschied *m*: разница в значениях какой-либо величины, например, перепад температуры летом и зимой.

переполнение / overfilling, overflow // Überfüllung *f*: в *информатике* — появление (в результате вычисления) слишком большого числа, которое невозможно записать в ячейку памяти.

перерыв / break, interruption // Pause *f*: пауза, временное прекращение деятельности.

пересекать / intersect, cut, cross, meet // durchschneiden: в геометрии: «линия *l* пересекает линию *l*₁ (или поверхность *S*)» — означает, что линия *l* имеет (одну) общую точку с линией *l*₁ (соответственно с поверхностью *S*).

пересекаться / intersect // sich schneiden: иметь общие точки (общие элементы). «Поверхности *S*₁ и *S*₂ взаимно не пересекаются» / the surfaces *S*₁ and *S*₂ are mutually disjoint // die Flächen *S*₁ und *S*₂ sich nicht schneiden.

пересечение / meet, intersection // Durchschnitt *m*: пересечение *множеств* *A* и *B* (обозначается $A \cap B$) — общая часть этих множеств, т.е. совокупность всех таких элементов, которые принадлежат обоим множествам. В частности, пересечение двух геометрических фигур состоит их точек, общих для обеих фигур. «Точка пересечения» / point of intersection // Schnittpunkt *m*, Kreuzungspunkt *m*.

переставлять / transpose, re-arrange, interchange // umstellen, versetzen: менять местоположение какого-либо объекта. «Переставим между

собою A и B » / we transpose A and B // wir stellen A und B um.

перестановка 1 / transposition, interchange // Transposition f : действие, в результате которого какие-то объекты оказываются переставленными: «от перестановки слагаемых сумма не меняется». См. также *транспозиция*.

перестановка 2 / permutation // Permutation f : в *комбинаторике* — любая из последовательностей, которые можно образовать из элементов конечного *множества*, изменяя порядок следования элементов. Например, последовательности РОСТ, ТОРС, ОРСТ — три из возможных 24 перестановок четырёх букв О, Р, С, Т. Перестановку из элементов $x_1, x_2, \dots, x_n$ обозначают $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ или $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Число всех перестановок из n элементов равно $P_n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$. Это число обозначается $n!$ (читается: n -факториал).

перестройка 1) bifurcation // Bifurkation f : см. *бифуркация*; **2)** reconstruction // Modernisierung f : переделка, реконструкция.

пересчитывать 1) enumerate // zählen, aufzählen: при помощи последовательного перебора находить число элементов конечного множества; **2)** re-count, recalculate // neu berechnen, nachrechnen: выполнять вычисление заново.

пересыщенный пар / supersaturated vapor // übersättigter Dampf: пар, сжатый до давления выше давления насыщенного пара при данной температуре. Такой пар можно получить при медленном изотермическом сжатии насыщенного пара, не содержащего центров конденсации (пылинок или ионов). При внесении в пересыщенный пар центров конденсации происходит быстрое превращение пара в жидкость. Явление используется в *камерах Вильсона* для визуализации треков заряженных частиц.

переход 1 / passage, transition // Übertritt m : в оптике — переход света из одной среды в другую (см. *преломление света*).

переход 2 / jump instruction, jump // Sprungbefehl m : в компьютерной *программе*: операция «go to», прерывающая последовательный порядок выполнения команд и предписывающая перейти к выполнению команд начиная с заданного места. «Условный переход» / conditional jump // bedingter Sprungbefehl.

переход к пределу, предельный переход / passage [or: transition] to the limit // Übergang zum Grenzwert: в математике — операция, сопоставляющая функции её *предел* в данной точке.

переходные металлы / transition metals // Übergangsmetalle pl : химические элементы, в которых внутренние оболочки атомов заполнены только частично. У так называемых d -металлов происходит постепенное заполнение $3-d$ (от Sc до Ni), $4-d$ (от Y до Pd) и $5-d$ (от Hf до Pt) подоболочек; у f -металлов происходит постепенное заполнение $4-f$ (редкие земли, или лантаноиды, от Ce до Lu) и $5-f$ подоболочек (актиноиды). Все актиноиды радиоактивны. Особенности строения электронных оболочек

атомов определяют некоторые специфические свойства переходных металлов (*парамагнетизм*, ферро- и ферримагнетизм и т.д.)

переходный / transition, transitional, transient // Übergangs=: промежуточный.

пéречень / list // Liste *f*: список.

перигéй / perigee // Perigäum *n*: наиболее близкая к Земле точка орбиты Луны или искусственного спутника Земли.

перигéлий / perihelion // Perihel *n*: наиболее близкая к Солнцу точка орбиты планеты или кометы.

перíметр / perimeter // Umfang *m*: длина границы плоской фигуры.

периóд / period // Periode *f*: в математике: а) период *периодической функции* $f(x)$ — число $T \neq 0$ такое, что тождество $f(x + T) \equiv f(x)$ выполняется для всех x из области определения функции. Если T — период, то nT также период, где n — любое целое число. Каждая периодическая функция, отличная от постоянной, имеет наименьший период. Обычно под словом «период» понимают наименьший положительный период. б) Период *периодической дроби*.

В физике: а) *период колебаний*; б) *период кристаллической решётки*. В геологии — подразделение геологической *эры*.

периодическая дробь / periodical decimal // periodischer Dezimalbruch: бесконечная *десятичная дробь*, дробная часть которой, начиная с некоторой позиции, имеет вид бесконечно повторяющейся группы цифр, называемой периодом. Пример: у периодической дроби 4,527272727... период состоит из цифр 2 и 7. Коротко записывают: 4,5(27) или 4,5 $\overline{27}$ (читается: 4 целых 5 десятых и 27 в периоде).

Любую конечную десятичную дробь можно записать в виде натуральной дроби, т.е. в виде $\frac{p}{q}$, где p и q — целые числа. В то же время натуральная дробь со знаменателем q , разложение которого на простые множители содержит не только числа 2 и 5, не может быть преобразована в конечную десятичную дробь, как показывает пример натуральной дроби $1/3$: при попытке деления «уголком» возникает бесконечно повторяющаяся цифра 3, и результат имеет вид 0,3333333... Каждая периодическая десятичная дробь равна некоторой натуральной дроби и, следовательно, представляет собой *рациональное число*.

Правило преобразования периодической десятичной дроби к натуральной дроби следующее:

а) если между десятичной запятой и периодической частью имеется n цифр, надо перенести запятую вправо на n позиций, тогда период будет непосредственно примыкать к запятой, при этом надо умножить дробь на 10^{-n} . Например, $25,71(36) = 2571, (36) \cdot 10^{-2}$.

б) к целой части (новой) дроби прибавить натуральную дробь, в числителе которой записать период десятичной дроби, а в знаменателе

— столько раз цифру 9, сколько цифр имеет период. В данном примере:
 $(2571 + \frac{36}{99}) \cdot 10^{-2} = (2571 + \frac{4}{11}) \cdot 10^{-2} = 2571 \frac{4}{11} \cdot 10^{-2} = \frac{28285}{1100} = 25 \frac{157}{220}$.

В практических вычислениях периодическую дробь округляют, сохраняя только нужное количество разрядов.

периодическая система химических элементов, периодическая система элементов Менделеева / (Mendeleev) periodical system of chemical elements // periodisches System der chemischen Elemente, Periodensystem der Elemente: классификация *химических элементов* в виде таблицы, опубликованная в 1869 г. русским химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834–1907). Независимо от Менделеева, аналогичная таблица в менее совершенном виде была опубликована практически одновременно немецким химиком Й.Л. Майером (Julius Lothar von Meyer, 1830–1895). Следует отметить, что Менделеев не только расположил элементы в виде таблицы, но и предсказал существование и свойства нескольких новых, до того неизвестных элементов. Названия элементов записаны в клетках таблицы, состоящей из 7 строк (периоды) и 8 столбцов — групп, обозначаемых римскими цифрами. Каждый элемент имеет номер, совпадающий с числом протонов в ядре и числом электронов в *атоме*. Элементы каждой группы обладают сходными химическими свойствами. В каждом периоде, начиная с 4-го, между II и III группами находятся ряды переходных металлов со сходными химическими свойствами.

Полное научное объяснение периодическая система получила на основе *квантовой механики*. Структура периодической системы полностью отвечает порядку заполнения электронных оболочек и слоёв. Число химических элементов в периоде равно числу электронов в слое, которое однозначно определено в соответствии с *принципом Паули*, запрещающим двум электронам в атоме находиться в одинаковом квантовом состоянии. Химические свойства атомов определяются числом электронов во внешней оболочке. Поэтому элементы, имеющие одинаковое строение внешней оболочки, принадлежат к одной группе. Элементы с замкнутыми (целиком заполненными) внешними оболочками являются инертными газами.

периодическая функция / periodic function // periodische Funktion: функция $f(x)$, определённая на подмножестве D вещественной оси $\mathbf{R}$ или комплексной плоскости $\mathbf{C}$, называется периодической, если существует число $T \neq 0$ («период функции») такое, что для всех $x \in D$ числа $x + T$ и $x - T$ принадлежат D , и выполняется тождество $f(x + T) \equiv f(x)$. Если T — период функции, n — целое число, то nT — также период. Обычно под словом «период» понимают наименьший положительный период.

периодичность / periodicity // Periodizität f : свойство быть *периодическим*.

период колебаний / oscillation period // Schwingungsdauer f : наименьший промежуток времени, по истечении которого система, совершающая колебания

(*осциллятор*), снова оказывается в исходном состоянии. Строго говоря, понятие периода применимо лишь в случае, когда значения величины точно повторяются через одинаковые промежутки времени, т.е. в случае *периодического процесса*. Однако часто это понятие применяется для почти периодических (квазипериодических) процессов.

пери́од кристалли́ческой решётки / lattice spacing // Periode f des Kristallgitters: в идеальном кристалле расположение частиц (атомов, ионов, молекул) обладает периодической повторяемостью в трех измерениях. Для описания *кристаллической решетки* достаточно знать расположение атомов в элементарной ячейке, повторением которой путем параллельных переносов (*трансляций*) можно построить всю решетку. Элементарная ячейка имеет форму параллелепипеда, ребра которого и называются постоянными, или периодами, кристаллической решетки.

пери́од полураспада́ / half-life time // Halbwertszeit f : в физике — промежуток времени, в течение которого число ядер атомов *радиоактивного* вещества в среднем уменьшается вдвое. Если в момент $t = 0$ было N_0 радиоактивных ядер, то в дальнейшем их число $N(t)$ убывает со временем по закону $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$, где λ — постоянная радиоактивного распада. Величина $\tau = 1/\lambda$ равна среднему *времени жизни* радиоактивного ядра. Период полураспада $T_{1/2}$ связан с τ соотношением $T_{1/2} = \tau \ln 2 = 0,693\tau$. Период полураспада весьма различен у разных элементов, например, $T_{1/2} = 4,6 \cdot 10^9$ лет у изотопа *урана-238* (порядковый номер 92 в периодической системе элементов), 1580 лет у *радия* (номер 88), и 3,8 дней у *радона* (номер 86).

перпендикуля́р / perpendicular // Lot n , Senkrechte f : пусть точка P не лежит на прямой линии γ . Прямолинейный отрезок, соединяющий точку P с прямой γ и образующий с этой прямой угол 90° , называется перпендикуляром, опущенным из точки P на прямую γ . Перпендикуляр (или «нормаль») к плоскости — прямая линия, образующая с плоскостью угол 90° . Перпендикуляр (нормаль) к поверхности в данной точке поверхности — перпендикуляр к *касательной плоскости*, касающейся поверхности в этой точке.

перпендикуля́рный / perpendicular // senkrecht, orthogonal: образующий угол 90° с данным объектом. Обобщение данного понятия — *ортогональный*.

петля́, пётля / loop // Schlinge f : в математике (в топологии) петлёй называется замкнутый *путь*, т.е. такое непрерывное отображение f отрезка $[0, 1]$ в *топологическое пространство* X , что начальная и конечная точки пути совпадают: $f(0) = f(1)$. Пример: X — плоскость Oxy , отображение $x = \cos 2\pi t$, $y = \sin 2\pi t$ отрезка $t \in [0, 1]$ на единичную окружность — петля.

печа́тать 1) print, type // drucken, tippen: создавать на бумаге печатный

текст, пользуясь принтером (to print // drucken) или пишущей машинкой (to type // tippen); 2) publish // publizieren, veröffentlichen, drucken lassen: публиковать свои произведения; 3) издавать книгу, журнал, газету / print // drucken.

пи / pi // Pi *m*: 16-я буква *греческого алфавита*. В математике — обозначение для числа, равного отношению длины окружности к её диаметру. Это число *иррациональное*, его приближённое значение: $\pi \approx 3,14159\,26535\,89793\,23846\,26433\,83279\dots$ Доказано, что число π — трансцендентное, т.е. оно не является корнем какого-либо *алгебраического уравнения* с целочисленными коэффициентами.

пик / peak // Spitze *f*: заострение, острый максимум.

пико= / pico= // Piko=: приставка, означающая одну миллиардную часть, например, пикофарада. См. также *метрическая система единиц*.

Пика́р (Emile Picard, 1856–1941): французский математик. Значительный вклад в анализ, алгебраическую геометрию, механику. С его именем связаны, в частности, теорема Пикара о поведении функции вблизи существенно особой точки и метод последовательных приближений для доказательства существования решения задачи Коши.

пиктогра́мма / pictogram // Piktogramm *n*: *диаграмма* в виде рисунков.

пилообра́зный / sawtooth // sägezahnförmig, Sägezahn=: пилообразная функция — периодическая функция, график которой напоминает пилу. Пример пилообразной функции: $f(x) = x - n$ при $n < x \leq 1 + n$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

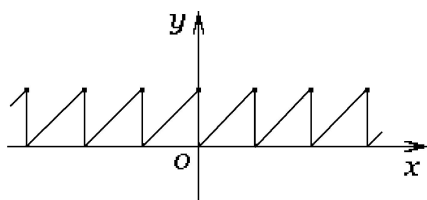


Рис. 133: Пилообразная функция

пилообра́зное напряже́ние / sawtooth voltage // Sägezahnspannung *f*: напряжение переменного тока, зависящее от времени как *пилообразная функция*. С помощью пилообразного электрического напряжения осуществляется горизонтальная развёртка на экране телевизора.

пи́нта / pint // Pint *n*: в *английской системе единиц* — единица объёма для жидких и сыпучих веществ; для жидких веществ 1 пинта (1 pt) = 4 *джилля*. В Великобритании 1 пинта = 0,568245 *литра*; в США для жидких тел 1 пинта равна 0,473167 *литра*, а для сыпучих тел

— 0,550599 литра.

пи́он, пи-мезон / pion, pi-meson // Pion *n*, π -Meson *n*: пи-мезоны образуют группу из трех нестабильных бесспиновых элементарных частиц — двух заряженных (π^+ и π^-) и одной нейтральной (π^0), относящихся к классу *адронов*. Масса пионов — промежуточная между массами протона и электрона: $m_{\pi^\pm} \approx 140$ МэВ, $m_{\pi^0} \approx 135$ МэВ. Согласно современным представлениям, пион состоит из *кварка* и антикварка. Пионы участвуют во всех фундаментальных взаимодействиях.

пира́мид / pyramid // Pyramide *f*: *многогранник*, одна из граней которого («основание») — многоугольник, а остальные грани («боковые грани») — треугольники, имеющие одну общую вершину («вершину пирамиды»). Объем пирамиды: $V = \frac{1}{3}S \cdot H$, где S — площадь основания, H — высота пирамиды (расстояние от вершины до основания). Пирамида называется *n*-угольной, если её основание — *n*-угольник. Пирамида называется правильной, если её основание — *правильный многоугольник*, а *перпендикуляр* к основанию, проходящий через вершину, пересекает основание в его центре. См. также *усечённая пирамида*.

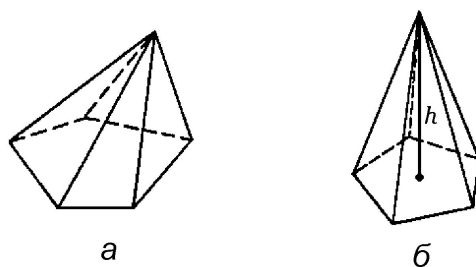


Рис. 134: Пирамиды: а - пятиугольная, б - правильная пятиугольная

пита́ние 1) feed, feeding, power // Speisung *f*: электроснабжение аппарата, прибора; «блок питания» (электрический) / power unit, power supply unit // Netzgerät *n*; 2) nourishment // Ernährung *f*: еда, пропитание (человека). «Диетическое питание» / dietetic food // Diätkost *f*.

Пифаго́р (Pythagoras, 570–496 до н.э.): древнегреческий философ и математик. Пифагору приписывают доказательство теоремы, носящей его имя, см. *теорема Пифагора*, и исследования в области целых чисел.

пифаго́ровы чи́сла / Pythagorean numbers // Pythagoreische Zahlen *pl*: тройки *натуральных чисел* x, y, z , связанных равенством $x^2 + y^2 = z^2$. Таковы, например, числа 3, 4, 5 или 5, 12, 13. Если a и b — произвольные натуральные числа, причем $a > b$, то числа $x = a^2 - b^2$, $y = 2ab$, $z = a^2 + b^2$ образуют пифагорову тройку. Любая пифагорова тройка может быть

представлена в указанном виде.

пла́вание тел / floating (of bodies) // Schwimmen *n*: состояние равновесия твердого тела, частично или полностью погруженного в жидкость или газ. Простейшие условия плавания тел вытекают из *закона Архимеда*. Плавание в частично погруженном состоянии возможно тогда, когда средняя плотность тела меньше плотности жидкости (газа): действующая на тело сила тяжести может быть уравновешена направленной вверх выталкивающей силой, которая равна по модулю весу жидкости, вытесненной телом. Равновесие плавающего тела устойчиво, если *метацентр* расположен выше центра тяжести тела.

пла́вающая запя́тая / floating point // Gleitkomma *n*: запись десятичного числа в виде числа с плавающей запятой — представление числа в виде десятичной дроби, умноженной на целую степень числа 10; целая часть десятичной дроби при этом состоит из одной значащей цифры. Примеры: $23\,746 = 2,3746 \cdot 10^4$; $237,46 = 2,3746 \cdot 10^2$; $0,023746 = 2,3746 \cdot 10^{-2}$. Форма числа с плавающей запятой удобна для записи очень больших или малых чисел и для записи приближённых значений величин.

плавлéние / melting // Schmelzen *n*, Schmelzung *f*: переход вещества из кристаллического (твердого) состояния в жидкое. Плавление представляет собой *фазовый переход* первого рода, происходящий с поглощением теплоты. Главные характеристики плавления чистых веществ — *температура плавления* и *теплота плавления*, зависящие от внешнего давления. При плавлении подводимая теплота идет не на нагрев тела, а на разрыв межатомных связей и на разрушение дальнего порядка в кристаллах. В отличие от кристаллов, аморфные твердые тела не имеют фиксированной температуры плавления: они переходят в жидкое состояние постепенно, размягчаясь при повышении температуры.

плаву́честь / buoyancy // Schwimmfähigkeit *f*: способность тела не тонуть в жидкости. Согласно *закону Архимеда*, однородное тело обладает плавучестью, если его плотность меньше плотности жидкости.

плагиа́т / plagiarism // Plagiat *n*: незаконное использование чужих результатов, защищённых законом об *авторском праве*. Цитирование без упоминания источника также может рассматриваться как плагиат.

пла́зма / plasma, plasm // Plasma *n*: в физике — частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. Нарушение квазинейтральности в объеме, занимаемом плазмой, ведет к появлению сильных электрических полей *пространственных зарядов*, восстанавливающих квазинейтральность плазмы. В состоянии плазмы находится подавляющая часть вещества Вселенной — звёзды, звёздные атмосферы, галактические туманности и межзвёздная среда. Около Земли плазма существует в космосе в виде солнечного

ветра, заполняет магнитосферу Земли (радиационные пояса Земли) и ионосферу. Процессами в околоземной ионосфере обусловлены магнитные бури и полярные сияния. Отражение радиоволн от ионосферной плазмы обеспечивает возможность дальней радиосвязи на Земле. В лабораторных условиях плазма образуется в электрических разрядах (дуговом, искровом, тлеющем) в газах, в процессах горения и взрыва. Многими характерными для плазмы свойствами обладают совокупности *квазичастиц* — электронов и дырок в полупроводниках и электронов проводимости в металлах (плазма твердых тел). Интенсивное изучение свойств плазмы стимулируется идеей магнитной термоизоляции плазмы для осуществления управляемого *термоядерного синтеза*.

планéта / planet // Planet *m*: не излучающее собственного света, шарообразное небесное тело, обращающееся вокруг *Солнца* по эллиптической (близкой к круговой) орбите, в частности, Земля. Невооруженным глазом с Земли видны 5 планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. В 1781 г. Гершелем (William Herschel, 1738–1822) с помощью телескопа был открыт Уран. По возмущениям орбиты Урана (т.е. малым её отклонениям от эллиптической формы) Адамсом (John Couch Adams, 1819–1892) и независимо от него Леверье (Urbain Jean Joseph Leverrier, 1811–1877) в 1843–1846 гг. была вычислена орбита предполагаемой не известной ранее заурановой планеты; эта планета была действительно обнаружена Галле (Johann Gottfried Galle, 1812–1910) в 1846 г. и получила название Нептун. В 1930 г. была открыта ещё более удалённая от Солнца планета — Плутон. Между орбитами Юпитера и Сатурна обращается более полутора тысяч малых планет, или *астероидов*.

Примечание: В 2006 году Международный Астрономический Союз принял решение не считать Плутон планетой, ввиду ее несоответствия определению понятия «планета»: масса Плутона очень мала, а орбита — в отличие от остальных планет — сильно вытянутый эллипсоид (расстояние от Солнца 29–49 а.е.), причем эта орбита даже пересекает орбиту Нептуна. Решено отнести Плутон к числу «малых планет».

планетáрная модель áтома / planetary atom model // Planetenmodell des Atoms, Rutherfordsches Atommodell: модель атома, согласно которой электроны обращаются по орбитам вокруг ядра, подобно тому, как планеты обращаются вокруг Солнца. Планетарная модель атома была предложена после открытия в 1911 г. атомного ядра английским физиком Э. Резерфордом и пришла на смену господствовавшим до этого представлениям английского физика Дж.Дж. Томсона (Joseph John Thomson, 1856–1940), согласно которым положительный заряд атома равномерно распределен по его объему.

планимéтрия / planimetry, plane geometry // Planimetrie *f*: геометрия

плоскости, часть элементарной *геометрии*, изучающая фигуры на плоскости.

Планк (Max Karl Ernst Ludwig Planck, 1858–1947): немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики, Нобелевский лауреат (1918). В 1900 г. при изучении распределения энергии в спектре излучения *абсолютно черного тела* ввел фундаментальную постоянную — квант действия см. *постоянная Планка*.

пласти́ческая деформа́ция / plastic deformation // plastische Verformung: деформация твердого тела называется пластической (остаточной), если она не исчезает полностью после снятия нагрузки (в противном случае деформация называется упругой). Все реальные тела даже при малых деформациях в большей или меньшей степени обладают пластическими свойствами. Природа пластической деформации может быть различной в зависимости от температуры, продолжительности действия нагрузки или скорости деформации. Пластическая деформация лежит в основе многих технологических процессов обработки металлов давлением (ковки, штамповки, прокатки и др.) и ряда природных процессов (горообразование, дрейфа континентов и т.п.).

пласти́чность / plasticity // Plastizität *f*: свойство материала частично сохранять деформацию после снятия напряжения, вызвавшего деформацию. Примеры пластичных материалов: глина, воск, пластилин, некоторые металлы. См. также *пластическая деформация*.

пластма́сса, пластик / plastik, composite material // Kunststoff *m*, Plastik *n*: искусственный пластический материал, вырабатываемый из природных или синтетических высокомолекулярных соединений.

пла́та 1 / 1) tuition fee // Studiengebühr *f*: плата за обучение (в вузе); 2) rent // Miete *f*: плата за квартиру; 3) fare // Fahrgeld *n*: плата за проезд; 4) entrance, entrance fee // Eintrittsgeld *n*: входная плата; 5) salary, pay // Gehalt *n*: заработная плата служащих.

пла́та 2 / plate, board // Platte *f*: в микроэлектронике — печатная плата (printed-circuit board // Leiterplatte *f*): пластина из изолирующего материала, на которую специальным способом нанесены электропроводящие участки для электрического соединения размещаемых на плате элементов электрической цепи или электронного устройства (конденсаторов, диодов, транзисторов, интегральных схем и т.п.).

пла́тина / platinum // Platin *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Pt, номер 78).

плато́новы тела́ / Platonic solids // Platonische Körper *pl*: то же, что *правильные многогранники*. Названы по имени древнегреческого философа Платона (Plato, 427–347 до н.э.)

плёнка 1) film // Film *m*: тонкая оболочка, обычно из эластичного материала; фотоплёнка, киноплёнка; масляная плёнка на поверхности

воды (film of oil // Ölfilm); 2) tape // Tonband *n*: магнитная лента.
«Записывать на плёнку» / to cut a tape // auf Tonband aufnehmen.

плечо́ сѣлы / arm of force, moment arm // Kraftarm *m*: в физике — расстояние от точки, относительно которой вычисляется *момент сѣлы*, до прямой линии, вдоль которой действует сила.

плита́ / plate, slab // Platte *f*: твёрдое тело в форме слоя, ограниченного двумя параллельными плоскостями.

плоская волна́ / plane wave // ebene Welle, Planwelle *f*: волна в трехмерной среде, *волновой фронт* или волновые поверхности (поверхности равных фаз) которой представляют собой плоскости. У плоской волны направление распространения одинаково во всех точках пространства. Однородная плоская волна, занимающая все пространство, представляет собой идеализацию, но отдельные участки реальных волн, малые по сравнению с радиусом кривизны волнового фронта, приближенно ведут себя как плоские волны. Кроме того, любое волновое поле, сосредоточенное в конечной области, можно представить в виде суперпозиции плоских волн с тем или иным пространственным и частотным спектром.

плоский / plane, planar, flat // flach, platt: плоская кривая (plane curve // ebene Kurve) — кривая, лежащая в плоскости. Плоская поверхность (plane surface, flat surface // platte Oberfläche) — поверхность, совпадающая с плоскостью (в рассматриваемой области). Плоская волна (plane wave // ebene Welle) — волна, имеющая плоский *фронт*.

плоское движе́ние, плоскопараллельное движение / plane motion, two-dimensional motion // Planbewegung *f*: движение твердого тела, при котором все его точки перемещаются параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение можно представить как *поступательное движение* (параллельный перенос) вместе с одновременным вращением вокруг оси, перпендикулярной этой плоскости. Плоское движение можно представить также как последовательность элементарных поворотов вокруг непрерывно перемещающейся (в пространстве и в теле) мгновенной оси, направление которой остается неизменным.

плоскопараллельная пласти́нка / plane-parallel plate // planparallele Platte: в оптике — слой однородной прозрачной среды, ограниченный параллельными плоскостями.

плоскость / plane, two-dimensional space // Ebene *f*: в геометрии — множество концов всех *векторов*, каждый из которых есть *линейная комбинация* двух фиксированных *неколлинеарных* векторов, имеющих общее начало. В *аналитической геометрии* — множество точек пространства, *декартовы координаты* x, y, z которых связаны уравнением $Ax + By + Cz + D = 0$. Здесь A, B, C, D — постоянные числа, называемые коэффициентами. Если система координат прямоугольная, то коэффициенты A, B, C —

координаты вектора *нормали* к плоскости. См. также *связка плоскостей*.

плóскость поляриза́ции / plane of polarization // Polarisationsebene *f*: плоскость, проходящая через направление колебаний электрического вектора линейно поляризованной электромагнитной (световой) волны и направление распространения этой волны (см. *поляризация света*).

плóтное мно́жество / dense set // dichte Menge: в математике: *множество* M называется плотным (или всюду плотным) в *метрическом пространстве* X (в частности, в *банаховом пространстве* или в *гильбертовом пространстве*), если *замыкание* M совпадает с X . Другими словами: в любом открытом множестве $A \subset X$ содержится хотя бы одна точка из M .

плóтность / density // Dichte *f*: в физике: плотность вещества — масса вещества в единице объёма, $\rho = \frac{m}{V}$, где m — масса, V — объём. Поверхностная плотность электрических зарядов — заряд, приходящийся на единицу площади, $\sigma = \frac{Q}{S}$, где Q — заряд, S — площадь. Плотность электрического тока $\vec{j}$ — векторная характеристика тока, направленная вдоль вектора скорости упорядоченного движения заряженных частиц и равная по модулю электрическому заряду, проходящему за единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению упорядоченного движения заряженных частиц.

плóтность веро́ятности, плотность распределения вероятности / probability density // Dichte der Verteilung, Wahrscheinlichkeitsdichte *f*: в *теории вероятностей*: для непрерывной *случайной величины* X с *функцией распределения* $F(x)$ плотностью вероятности называют функцию $f(x)$ такую, что $F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$. См. также *нормальное распределение*.

плóхо обусло́вленная ма́трица / ill-conditioned matrix // schlecht konditionierte Matrix: см. *обусловленность*.

плóщадь / area // Fläche *f*, Flächeninhalt *m*: площадь *прямоугольника* равна произведению двух смежных сторон; площадь *треугольника* равна половине произведения одной из сторон на высоту, опущенную к этой стороне из противоположащей вершины. Площадь *многоугольника* равна сумме площадей треугольников, на которые можно разбить многоугольник. Площадь *плоской фигуры* D , ограниченной *кусочно-гладкой* кривой, равна *точной верхней границе* площадей всех многоугольников, лежащих внутри фигуры; эта площадь может быть вычислена как *двойной интеграл*: $\iint_D dx dy$.

Площадь поверхности, заданной в системе *декартовых координат* $Oxyz$ уравнением $z = f(x, y)$, вычисляется по формуле

$$S = \iint_D \sqrt{1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} dx dy,$$

где D — проекция поверхности на плоскость Oxy .

Плуто́н / Pluto // Pluto *m*: самая удалённая от *Солнца* планета Солнечной системы. Плутон движется по сильно вытянутой эллиптической орбите, пересекающей орбиту Нептуна, при этом расстояние до Солнца меняется от 4,4 до 7,4 млрд км. В настоящее время принято называть Плутон малой или карликовой *планетой*, поскольку его масса меньше массы Луны в пять раз, а объём — в три раза. Средняя температура на поверхности около -220°C . Плутон и его крупнейший спутник Харон часто рассматриваются в качестве двойной планеты, поскольку центр масс этой системы находится вне обоих объектов.

плуто́ний / plutonium // Plutonium *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Pu, номер 94). Радиоактивен. Возникает в результате облучения урана-235 нейтронами в ядерном реакторе. Может использоваться для осуществления цепной реакции деления в атомных бомбах.

победитель / winner // Gewinner *m*: участник *игры*, получивший выигрыш.

побóчная диагона́ль, вторая диагональ / secondary diagonal // Nebendiagonale *f*: множество элементов вида $a_{i,n-i+1}$ ($i = 1, \dots, n$) квадратной $n \times n$ матрицы *A* или её определителя.

поведе́ние / behavior, behaviour, conduct // Benehmen *n*, Betragen *n*, Verhalten *n*: термин, применяемый при описании действий или свойств чего-либо (кого-либо) в определённой ситуации, например, в физике: «поведение электронов в однородном электрическом поле»; в теории игр: «поведение игрока в случае выпадения числа очков 19»; в математическом анализе: «поведение функции в окрестности данной точки», «асимптотическое поведение».

пове́рхностное натяже́ние / surface tension // Oberflächenspannung *f*: термодинамическая характеристика поверхности раздела двух *фаз* или тел, равная работе образования единицы площади этой поверхности. Измеряется в Дж/м² или в Н/м. В случае жидкой поверхности раздела поверхностное натяжение можно рассматривать также как силу, действующую на единицу длины контура поверхности и стремящуюся сократить поверхность до минимума. Работа образования новой поверхности идет на преодоление сил межмолекулярного сцепления при переходе молекул из объема вещества в поверхностный слой. Благодаря поверхностному натяжению жидкости в отсутствие внешних воздействий принимают форму шара (минимальная площадь поверхности при заданном объеме). При повышении температуры, а также под действием поверхностно-активных веществ, поверхностное натяжение уменьшается. Поверхностным натяжением объясняются многие *поверхностные явления* (капиллярные явления).

пове́рхностные во́лны / surface waves // Oberflächenwellen *pl*: а) Упругие *волны*, распространяющиеся вдоль свободной поверхности твёрдого

тела или вдоль границы твёрдого тела с другими средами и затухающие при удалении от границ. Вдоль поверхности Земли при *землетрясениях* могут распространяться упругие волны *Рэлея*, скорость которых несколько меньше скорости поперечных (сдвиговых) объёмных волн. На свободной поверхности жидкости могут существовать поверхностные волны, в которых определяющую роль играют силы *поверхностного натяжения* (капиллярные волны). б) Электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль некоторой поверхности и имеющие распределения электрического и магнитного полей, достаточно быстро убывающие при удалении от поверхности в одну или в обе стороны. Односторонняя поверхностная электромагнитная (световая) волна возникает, например, на границе раздела двух прозрачных сред при падении плоской волны из оптически более плотной среды (среды с большей диэлектрической проницаемостью) под углом, превышающим угол *полного внутреннего отражения*.

повёрхностные заряды / surface charges // Oberflächenladungen *pl*: а) В электростатике — электрические заряды, сосредоточенные на поверхности проводящего тела, которые возникают (индуцируются) при помещении его в электрическое поле. Создаваемое поверхностными зарядами электрическое поле внутри проводника компенсирует внешнее поле, так что суммарное поле внутри проводника оказывается равным нулю. б) В проводниках, несущих электрический ток, поверхностные заряды обеспечивают внутри проводника электрическое поле, вызывающее направленное движение электрических зарядов.

повёрхностные силы / surface forces // Oberflächenkräfte *pl*: в механике — силы, приложенные к поверхности тела, например, силы атмосферного или гидростатического давления на поверхность тела, аэродинамические силы, действующие на поверхность тела в потоке газа, силы давления фундамента на грунт и т.п., в противоположность объёмным или массовым силам, действующим на все элементы объема тела, как, например, силы тяжести.

повёрхностные явления / surface effects, surface phenomena // Oberflächeneffekte *pl*, Oberflächenphenomena *pl*: явления, вызываемые избытком энергии молекул в пограничном (поверхностном) слое. Образование равновесных форм жидких капель или газовых пузырей определяется минимумом поверхностной свободной энергии при постоянном объеме. Поверхностные явления, возникающие при совместном действии молекулярных сил *поверхностного натяжения* и внешних сил (силы тяжести) и вызывающие искривление жидких поверхностей раздела, называются капиллярными явлениями. Поверхностные явления определяют процессы выветривания горных пород и почвообразования, испарения и конденсации влаги, а также многие процессы в живых организмах. На использовании поверхностных явлений

основаны многие технологические процессы (смазка, смачивание, флотация и т.п.).

повёрхностный / surface // Oberflächen=: в физике — сосредоточенный на поверхности или вблизи неё (например, *поверхностные волны, поверхностные заряды*), или вызванный специфическими свойствами поверхности (*поверхностное натяжение*). В математике: см. *поверхностный интеграл*.

повёрхностный интеграл / surface integral // Oberflächenintegral n , Flächenintegral n : интеграл, у которого область интегрирования представляет собой поверхность в пространстве. Обозначим через $Oxyz$ прямоугольную декартову систему координат.

1) Поверхностный интеграл (п.и.) 1-го рода от функции $f(x, y, z)$ по поверхности S определяется как предел интегральных сумм, составленных в соответствии с разбиением поверхности на n частей $S_1, \dots, S_n$:

$$\iint_S f(x, y, z) dS = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k, \zeta_k) \Delta S_k,$$

где ΔS_k — площадь одного из участков S_k , на которые разбита поверхность, $M_k(\xi_k, \eta_k, \zeta_k)$ — произвольно выбранная точка на S_k ; предельный переход выполняется при условии, что наибольший из диаметров δ_k участков S_k стремится к нулю: $\max_{1 \leq k \leq n} \delta_k \rightarrow 0$. Если $f(x, y, z)$ имеет физический смысл плотности вещества, распределённого по поверхности S , то п.и. равен полной массе этого вещества. Пусть поверхность задана уравнением $z = \phi(x, y)$, тогда п.и. 1-го рода сводится к *двойному интегралу* по проекции σ поверхности S на плоскость x, y :

$$\iint_S f(x, y, z) dS = \iint_{\sigma} f(x, y, \phi(x, y)) \sqrt{1 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2} dx dy.$$

2) П.и. 2-го рода вводится на *двусторонней поверхности*. Пусть S_1 — одна из сторон двусторонней поверхности S , заданной уравнением $z = \phi(x, y)$, σ — проекция S_1 на плоскость Oxy . П.и. 2-го рода от функции $f(x, y, z)$ по поверхности S_1 определяется через предел интегральных сумм:

$$\iint_{S_1} f(x, y, z) dx dy = \pm \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k, \zeta_k) \Delta \sigma_k,$$

где $\Delta \sigma_k$ — площадь проекции одного из участков, на которые разбита поверхность, $M_k(\xi_k, \eta_k, \zeta_k)$ — произвольно выбранная точка на этом участке; предельный переход выполняется при условии, что наибольший из диаметров участков стремится к нулю. Знак «+» выбирается в случае, когда нормаль

$\vec{n}$ к S_1 образует острый угол с осью Oz , и « $-$ » в противоположном случае.

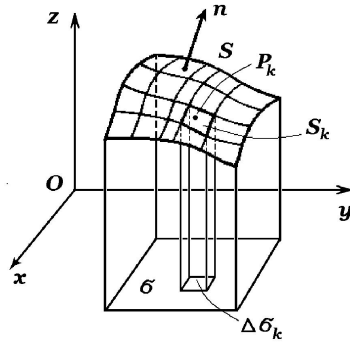


Рис. 135: К определению поверхностного интеграла

П.и. 2-го рода сводится к *двойному интегралу* по проекции σ поверхности S_1 на плоскость Oxy :

$$\iint_{S_1} f(x, y, z) dx dy = \pm \iint_{\sigma} f(x, y, \phi(x, y)) dx dy;$$

правило выбора знака совпадает с указанным выше.

поверхность / surface // Fläche f : в математике: в трёхмерном пространстве — двумерное многообразие, связное множество точек, *декартовы координаты* которых удовлетворяют уравнению вида $F(x, y, z) = 0$, например, сфера $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$. «Поверхность [или: бутылка] Клейна» / Klein bottle // Kleinische Flasche. В физике: поверхность — граница тела или граница раздела двух сред. «Поверхность воды» / water surface, (water) mirror // Wasserspiegel m .

поверхность вращения / surface of revolution [or: of rotation] // Drehfläche f , Rotationsfläche f : поверхность в пространстве, получаемая при вращении плоской кривой вокруг оси, расположенной в плоскости данной кривой. Примеры поверхностей вращения: *прямой круговой цилиндр*, *прямой круговой конус*, *сфера*, *тор*.

поверхность второго порядка / quadratic, surface of second order // Fläche zweiter Ordnung: поверхность в трёхмерном пространстве, уравнение которой в *декартовых координатах* x, y, z имеет общий вид $a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} = 0$, где $a_{i,k}$ — постоянные *вещественные* коэффициенты. При помощи векторов $\vec{x} = (x, y, z)^T$, $\vec{b} = (a_{14}, a_{24}, a_{34})$, их скалярного произведения

$(\vec{b}, \vec{x})$ и матрицы $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix}$, уравнение записывается в виде $(A\vec{x}, \vec{x}) + 2(\vec{b}, \vec{x}) + a_{44} = 0$.

Квадратичная форма $\Phi = (A\vec{x}, \vec{x})$ может быть приведена линейным преобразованием к каноническому виду $\Phi = \mu_1 \xi_1^2 + \mu_2 \xi_2^2 + \mu_3 \xi_3^2$, при этом от знаков коэффициентов μ_1, μ_2, μ_3 зависит геометрический тип поверхности. Если все $\mu_k > 0$ (или все < 0), то поверхность — типа *эллипсоида*; если $\mu_1 > 0, \mu_2 > 0, \mu_3 < 0$ (или наоборот), — типа *гиперболоида*; если один из коэффициентов равен нулю, — типа *параболоида*. Возможны также вырожденные случаи (одна или две плоскости, одна прямая, одна точка или ни одной точки).

поверхность раздела / interface // Grenzfläche f : общая граница двух физически разнородных тел, например, поверхность раздела двух прозрачных сред с различными *показателями преломления*.

поворот 1) turn, rotation // Drehung f , Wendung f : изменение направления движения; 2) bend, turning // Abbiegung f , Wendung f : изменение направления дороги, улицы.

повреждение / damage // Schaden m : поломка, неисправность.

повторение / repetition, iteration, reiteration, recurrence // Wiederholung f : выполнение ещё раз (или много раз) того, что уже было проделано.

повторный / repeated, iterated, reiterated // wiederholt, nochmalig: выполняемый ещё раз. См. также *двойной интеграл*.

повторяющийся / recurring, repeating // rekurrent: выполняемый или встречающийся два или более раз.

поглощать / absorb // absorbieren: в физике: «тело поглощает энергию падающей волны» — энергия падающей волны переходит в энергию колебания частиц тела; «тело поглощает падающие на него частицы» — налетающие на тело частицы испытывают *неупругое* соударение с этим телом.

поглощение / absorption // Absorption f : в физике — явление, при котором энергия или частицы *поглощаются* веществом. Поглощение света — уменьшение интенсивности оптического излучения, проходящего через вещество. Поглощение света описывается законом Бугера $J = J_0 \exp(-\kappa l)$, связывающим интенсивность J пучка света, прошедшего слой поглощающей среды толщиной l , с интенсивностью J_0 падающего пучка. Зависящий от длины волны излучения коэффициент κ называется показателем поглощения, характеризующим данное вещество.

погода / weather // Wetter n : состояние атмосферы, проявляющееся во влажности, облаках, осадках, ветре, электрических разрядах, высокой или низкой температуре воздуха. «Сегодня хорошая погода» / the weather is fine today // das Wetter ist heute schön.

пограничный слой / boundary layer // Grenzschrift f : область течения вязкой жидкости (газа) с малой (по сравнению с продольными размерами) поперечной толщиной, образующаяся у поверхности тела при его обтекании, у стен трубы или канала, по которому течет жидкость, или на границе раздела двух потоков жидкости. В пограничном слое происходит резкое изменение скорости течения в поперечном направлении от её значения во внешнем потоке до нуля на стенке (вследствие прилипания вязкой жидкости к твердой поверхности). Характер течения в пограничном слое оказывает решающее влияние на отрыв потока от поверхности обтекаемого тела.

погрешности измерений, ошибки измерений / measurement errors // Messfehler pl : отклонения результатов измерений от истинных значений измеряемых величин. Различают систематические, случайные и грубые погрешности измерений (последние часто называют промахами). Систематические погрешности измерений обусловлены главным образом несовершенством методов и средств измерений, случайные — рядом неконтролируемых обстоятельств, промахи — неправильным отсчитыванием показаний. При обработке результатов измерений промахи обычно отбрасывают; влияние систематических погрешностей стремятся уменьшить внесением поправок; для оценки случайных погрешностей используют методы математической статистики.

погрешность / error // Ungenauigkeit f : в математике и физике — отличие приближённого значения $\tilde{x}$ рассматриваемой величины от её точного значения x , т.е. $|\tilde{x} - x|$. Под словом «погрешность» также понимают половину длины интервала, в котором может находиться точное значение x . Например, запись $x = 12,1057 \pm 0,0004$ читается как « $x = 12,1057$ с погрешностью 0,0004»; это означает, что $12,1053 \leq x \leq 12,1061$.

погружение / imbedding, immersion // Einbettung f , Immersion f : в математике: погружение m -мерного многообразия M в n -мерное многообразие N — непрерывное отображение $F : M \rightarrow N$ такое, что для каждой точки $x \in M$ существует её окрестность $U_x \subset M$, для которой F есть гомеоморфизм U_x на $F(U_x) \subset N$. В частности, если F есть гомеоморфизм M на $F(M)$, то F называется вложением M в N .

подбóр / selection, choice // Auslese f , Auslesen n : процесс или результат отбора, выбора подходящих экземпляров (растений), особей (животных), кадров. В математике — способ нахождения решения какого-либо уравнения: «решение подбором» / solution by inspection // Lösung durch Probieren.

подверга́ть / subject to // unterzuziehen, auf die Probe stellen: в физике — поставить предмет под воздействие света, потока частиц, нагревания.

подвёс / suspension // Aufhängung f : устройство для крепления приборов или деталей экспериментальной установки в поле тяжести, например,

карданов подвес ротора гироскопа, устраняющий влияние силы тяжести на его поведение.

подвешивать / suspend, hang up // anhängen, aufhängen: закреплять предмет в одной точке так, чтобы он мог *висеть* в поле *тяготения*.

подвижность носителей заряда / carrier mobility // Ladungsträgerbeweglichkeit f : отношение средней скорости направленного движения носителей заряда (дрейфовой скорости) к напряженности электрического поля, вызывающего это направленное движение. Подвижность электронов проводимости и дырок определяется процессами рассеяния электронов в кристалле. Рассеяние происходит на дефектах кристаллической решетки, а также на её тепловых колебаниях (фононах). Подвижность носителей сильно зависит от температуры. При высоких температурах преобладает рассеяние на фононах, с понижением температуры доминирующим становится рассеяние на дефектах.

подводный / underwater, submarine // Unterwasser=, Untersee=: находящийся в воде. Подводная акустика, или гидроакустика, — часть *акустики*, изучающая распространение звуковых волн в воде, в частности, в морской воде. См. также *подводный звуковой канал*.

подводный звуковой канал [сокр: ПЗК] / undersea sound channel // unterseeischer Schallkanal: типичное для морей акустическое явление, при котором на глубине от 20 до 500 метров имеется слой воды, в котором скорость распространения звука меньше, чем в соседних слоях. Такой слой является естественным волноводом для звуковых волн; если источник звука находится внутри слоя, то звуковые волны могут распространяться внутри волновода на расстояния сотен (иногда тысяч) километров. Это явление используется морскими животными (киты, рыбы), рыболовецкими судами, а также для предсказания *цунами* и в военных целях (связь с подводными лодками).

подгруппа / subgroup // Untergruppe f : в теории *групп*: подмножество S группы G , само являющееся группой относительно операции, определяющей группу G . Пример: G — группа всевозможных вращений на плоскости вокруг неподвижной точки (групповая операция — последовательное выполнение вращений), S — подгруппа вращений на углы, кратные фиксированному углу $\phi \neq 0$. В множество подгрупп входят т.н. несобственные подгруппы: единичная подгруппа E , состоящая из одного единичного элемента e , и сама группа G . Пересечение (в смысле теории множеств) двух или большего числа подгрупп является подгруппой.

Пусть M — некоторое фиксированное непустое множество элементов группы G , тогда пересечение всех таких подгрупп группы G , каждая из которых содержит все элементы множества M , называется подгруппой, порождённой множеством M и обозначается $\{M\}$. Если множество M состоит из одного элемента x , то $\{x\}$ называется циклической подгруппой

элемента x ; такая подгруппа состоит из единичного элемента и степеней $x, x^2, x^3, \dots$ элемента x .

Пусть H — подгруппа группы G , g — фиксированный элемент группы G . Образует множество Hg всевозможных произведений вида hg , где элемент h пробегает H . Множество Hg называется правым смежным классом группы G по подгруппе H , определяемым элементом g . (Левый смежный класс определяется аналогично через элементы вида gh). Пусть $g \notin H$, тогда множества Hg и H не пересекаются (если $g \in H$, то $Hg = H$). Возьмём какой-нибудь элемент $g_1 \in G$, $g_1 \notin H$, $g_1 \neq g$, тогда возможно одно из двух: или $Hg_1 = Hg$, или Hg_1 и Hg не пересекаются; будем считать, что $Hg_1 \cap Hg \neq \emptyset$. Аналогично можно ввести непересекающиеся смежные классы $Hg_2, Hg_3, \dots$. Если окажется, что набор $H, Hg_1, Hg_2, \dots, Hg_{m-1}$ исчерпывает всю группу G (а в случае конечной группы G это всегда имеет место), то говорят, что имеет место (правостороннее) разложение группы G по подгруппе H , и что подгруппа H имеет индекс m . Для конечных групп индекс подгруппы равен порядку группы, делённому на порядок подгруппы. Например, в группе *подстановок* чётные подгруппы имеют индекс 2.

подзаголо́вок / subtitle, subhead // Untertitel m : заглавие более мелкой части текста внутри более крупной части или второе название всего текста.

подинтегра́льная фу́нкция: см. *подынтегральная функция*.

подинтерва́л / subinterval // Teilintervall n : в математике — *интервал*, расположенный внутри данного интервала.

подкаса́тельная / subtangent // Subtangente f : пусть l — кривая на плоскости Oxy , t — касательная к кривой в точке T , не лежащей на оси Ox , TM — отрезок касательной от точки T до точки M пересечения касательной с осью Ox . Проекция $T'M$ отрезка TM на ось Ox называется подкасательной. См. также *поднормаль*.

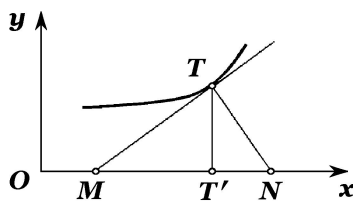


Рис. 136: Подкасательная и поднормаль

подкоренно́е выраже́ние / radicand / Radikand m : выражение,

находящееся под знаком корня (=радикала).

подмáтрица / submatrix, partial matrix // Untermatrix f , Teilmatrix f : подматрица размера $p \times q$ матрицы A — матрица, состоящая из элементов, которые стоят в матрице A на пересечении каких-нибудь её p строк и q столбцов.

подмнóжество / subset // Teilmenge f : множество B , состоящее из некоторых элементов данного множества A , называется его подмножеством. Обозначение: $B \subset A$. Пустое множество $\emptyset$ и само множество A также причисляют к подмножествам множества A . Примеры: множество *целых чисел* есть подмножество множества *рациональных чисел*; множество квадратов — подмножество множества *ромбов*; Земля, Марс и Венера — подмножество множества *планет*.

поднормáль / subnormal // Subnormale f : пусть l — кривая на плоскости с декартовой системой координат Oxy , t — касательная к кривой в точке T , не лежащей на оси Ox , n — нормаль к кривой в этой точке, TN — отрезок нормали от точки T до точки N пересечения нормали с осью Ox . Проекция $T'N$ отрезка TN на ось Ox называется поднормалью. См. также *подкасательная*.

подо́бие / similarity, similitude // Ähnlichkeit f : в геометрии — преобразование евклидова пространства, при котором для любых двух точек A , B и их образов A' , B' имеет место соотношение $|A'B'| = k|AB|$, где k — положительное число, называемое коэффициентом подобия. Каждая *гомотетия* является подобием. Каждое *движение* можно рассматривать как подобие с $k = 1$.

подо́бия теóрия: см. *теория подобия*.

подо́бласть / subdomain, subregion // Untergebiet n , Unterbereich m , Teilgebiet n : пусть D_1 и D — области, причём $D_1 \subseteq D$, тогда D_1 называется подобластью области D .

подо́бная мáтрица / similar matrix // ähnliche Matrix: пусть A и B — квадратные $n \times n$ матрицы. Если существует квадратная $n \times n$ невырожденная матрица T такая, что $B = T^{-1}AT$, то B называется подобной матрицей по отношению к матрице A . Если B подобна A , то A подобна B , так как $A = P^{-1}BP$, где $P = T^{-1}$.

подо́бное преобро́зование 1) similarity transformation // Ähnlichkeitstransformation f : в алгебре: подобное преобразование квадратной матрицы A — операция, сопоставляющая матрице A подобную матрицу $T^{-1}AT$, где T — невырожденная матрица; 2) similitude // Ähnlichkeitsabbildung f : в геометрии: то же, что *гомотетия*.

подо́бный / similar, homothetic // ähnlich: в геометрии: две фигуры называются подобными (друг другу), если существует *подобное преобразование* (2), переводящее одну из фигур в другую.

подпоследовательность / subsequence // Teilfolge f : подпоследовательность *последовательности* — последовательность, состоящая из некоторых элементов данной последовательности. Например, $x_3, x_4, x_7, x_{12}, \dots$ — подпоследовательность последовательности $\{x_n\}$, $n = 1, 2, 3, \dots$.

подпрограмма / subroutine, subprogram, procedure // Unterprogramm n , Prozedur f : в программировании — часть полной *программы*, оформленная в виде отдельной программы. Основная программа обращается к подпрограмме в соответствии с инструкцией вызова подпрограммы. В одной программе может содержаться большое число подпрограмм.

подпространство / subspace // Unterraum m : подпространство M *линейного пространства* X — подмножество элементов пространства X , обладающее структурой линейного пространства, т.е. в M выполняются аксиомы линейного пространства. Примеры: всякая плоскость, проходящая через начало координат, является подпространством в трёхмерном евклидовом пространстве; множество всех многочленов — подпространство линейного пространства непрерывных функций.

подсистема / subsystem // Untersystem n : часть системы. Теорема: Если система векторов — *линейно независимая*, то любая её подсистема также линейно независима.

подставляемое выражение / substituend // Substituend m , einzusetzender Ausdruck m : вспомогательное выражение, которым заменяют какую-либо переменную в основном выражении.

подставлять / substitute (for) // substituieren: подставлять значение, переменную или выражение S на место P — означает заменять P на S . «Подставим функцию $f(x)$ в формулу (*) на место y » / let us substitute $f(x)$ for y in (*) // wir substituieren y in (*) durch $f(x)$.

подстановка 1 / substitution // Substitution f : действие, при котором *подставляют* число, переменную или выражение на место какой-либо переменной.

подстановка 2 / permutation // Permutation f : отображение какой-либо *перестановки* $S = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ на другую перестановку $Q = [x_{k_1}, x_{k_2}, \dots, x_{k_n}]$ этих же элементов. Термин «отображение» в данном случае означает, что перестановке S ставится в соответствие перестановка Q ; это записывается в виде $S \rightarrow Q$ или в виде *матрицы*, имеющей две строки:
$$\begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ x_{k_1} & x_{k_2} & \dots & x_{k_n} \end{pmatrix}.$$
 Например, отображение $S \rightarrow Q$ перестановки $S = [1, 2, 3, 4]$ на перестановку $Q = [2, 4, 3, 1]$ — одна из возможных 24 подстановок. Тожественная подстановка — отображение перестановки самой на себя: $S \rightarrow S$; подстановка $Q \rightarrow S$ называется обратной подстановкой для подстановки $S \rightarrow Q$. Последовательное выполнение подстановок $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow C$ называется произведением этих подстановок и обозначается $(A \rightarrow B) * (B \rightarrow C) = A * C$.

С. Подстановка $S \rightarrow Q$ называется чётной (нечётной), если Q получается из S при помощи чётного (нечётного) числа *транспозиций*. Подстановки образуют конечную *группу* подстановок с числом элементов $n!$, называемую симметрической группой.

подход / approach // Ansatz *m*: способ рассмотрения какого-либо вопроса, проблемы; образ действий. «Квантово-механический подход» / quantum-mechanical approach // quantenmechanischer Ansatz.

подходящая дробь / convergent of a continued fraction // Näherungsbruch *m*: см. *цепная дробь*.

подчиняться / obey, follow, be subjected to // sich unterordnen: следовать (правилу, закону), удовлетворять (условию, уравнению): «распределение вероятностей данной случайной величины подчиняется нормальному закону».

подъёмная сила / lift, lifting force, elevating force // Auftrieb *m*: составляющая полной силы давления жидкой или газообразной среды на движущееся в ней тело, направленная перпендикулярно к скорости тела. Подъёмная сила возникает вследствие асимметрии обтекания тела. Например, несимметричное обтекание крыла можно представить как результат наложения циркуляционного течения вокруг крыла на симметричное течение, что приводит к увеличению скорости потока на одной стороне крыла и её уменьшению на противоположной стороне. В результате над крылом давление газа оказывается меньше, чем под ним, что и приводит к возникновению подъёмной силы.

подынтегральная функция, интегранд / integrand // Integrand *m*: функция, которая находится под знаком *интеграла*.

позитрон / positron // Positron *n*: одна из *элементарных частиц*, античастица для электрона; отличается от электрона только электрическим зарядом: заряд позитрона положительный, по величине равный заряду электрона.

позиция 1) position, place of a digit in a number // Stellenwert *m*, Stelle *f*, Positionswert *m*: место в позиционной записи числа (отсчитывается справа налево), например, цифра 8 находится в 3-й позиции десятичного числа 2307841; 2) point of view // Standpunkt *m*: точка зрения.

позиционная система счисления / positional number system // Positionssystem *n*: см. *система счисления*.

поиск / search // Suchen *n*, Recherche *f*: действие, цель которого — найти заданный объект. См. также *случайный поиск*.

показ / demonstration, illustration // Vorführung *f*, Schau *f*: демонстрация действия прибора, установки, новых моделей.

показатель / exponent // Exponent *m*, Hochzahl *f*: в математике: показатель (степени) — число n в выражении a^n . Если n — *натуральное число*, то $a^n = n \cdot n \cdot \dots \cdot n$ (n сомножителей a).

показатель затухания / decay rate // Dämpfungsdekrement n : в физике: если уменьшение какой-либо физической величины со временем происходит по экспоненциальному закону, как, например, уменьшение амплитуды *затухающих колебаний*, описываемое *показательной функцией* $A(t) = A_0 \exp(-\gamma t)$, или уменьшение числа $N(t)$ нераспавшихся нестабильных ядер в явлении *радиоактивного распада* $N(t) = N_0 \exp(-\gamma t)$, то коэффициент пропорциональности γ при времени t в показателе экспоненты называется показателем затухания или *постоянной распада*. Обратная величина $\tau = 1/\gamma$ называется *временем жизни* или временем затухания.

показательная функция / exponential function // Exponentialfunktion f : функция a^x , где $a > 0$, $a \neq 1$. Число a — основание, x — показатель (аргумент) функции. Обычно в качестве основания берут *число e* , см. *экспонента*.

показатель преломления / refractive index // Brechzahl f , Brechungsindex m : показатель преломления прозрачной среды — отношение скорости света в вакууме к скорости распространения оптического излучения в данной среде. Показатель преломления зависит от частоты; это явление называется *дисперсией*. Показателями преломления определяется поведение света на границе раздела двух сред (см. *закон преломления*).

покой 1) peace // Ruhe f : отсутствие беспокоящих воздействий: «оставьте меня в покое!» / leave me in peace! // lasst mich in Ruhe! 2) rest // Ruhe f , Unbeweglichkeit f : в физике — неподвижность, отсутствие движения. «Масса покоя» / rest mass // Ruhemasse f .

поколение / generation // Generation f : 1) множество всех людей приблизительно одного возраста; 2) «новое поколение компьютеров» — очередная новая ступень в развитии производства всё более совершенных компьютеров.

покомпонентно / component by component, component-wise // komponentenweise: см. *покоординатно*.

покоординатно / coordinate-wise, by coordinates // koordinatenweise: сложение *векторов* и умножение вектора на число производятся *покоординатно*, т.е. по каждой *координате* отдельно. Именно, пусть $\vec{a}$ и $\vec{b}$ — векторы *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$, имеющие в каком-нибудь *базисе* координаты, соответственно, $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $(b_1, b_2, \dots, b_n)$. Сумма $\vec{a} + \vec{b}$ имеет координаты $(a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n)$, произведение $\gamma \vec{a}$ на число γ имеет координаты $\gamma a_1, \gamma a_2, \dots, \gamma a_n$. Вместо термина «покоординатно» употребляют также термин «покомпонентно».

покрытие / covering, cover, overlapping // Überdeckung f , Überlagerung f : в математике: семейство A подмножеств *множества* X называется *покрытием* множества X , если множество X совпадает с объединением всех подмножеств семейства A . Например, семейство интервалов $(n, n +$

2), где $n = 0, 1, 2, \dots$, является покрытием положительной полуоси $(0, +\infty)$.
В физике и технике: слой краски или пластмассы, наносимый на предмет для его изоляции от окружающей среды или для изменения его отражательных свойств.

по́ле 1 / field // **Feld n : 1)** в математическом анализе: говорят, что в трёхмерном пространстве задано: а) скалярное поле U , если в каждой точке M пространства задана числовая функция $U(M)$; б) векторное поле $\vec{A}$, если в каждой точке задана векторная функция $\vec{A}(M)$. Пример векторного поля: *градиент* скалярного поля, $\text{grad } U(M)$. Понятие поля обобщается на случай n -мерного *евклидова пространства*.

2) В *вариационном исчислении*: см. *поле экстремалей*.

по́ле 2 / field // **Körper m :** в алгебре — *множество*, в котором определены две операции: а) сложение, с нейтральным элементом 0; б) умножение, с единичным элементом 1; обе операции — *ассоциативные* и *коммутативные*, причём выполняются следующие аксиомы:

1) $a + 0 = a$, $a \cdot 0 = 0$; 2) $a \cdot 1 = a$; 3) $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$;

4) для всякого элемента a существует единственный противоположный элемент $(-a)$, т.е. такой, что $a + (-a) = 0$;

5) для всякого элемента $a \neq 0$ существует единственный обратный элемент a^{-1} , т.е. такой, что $a \cdot a^{-1} = 1$.

Примеры: поле *рациональных чисел*, поле *вещественных чисел*, поле *комплексных чисел*.

по́ле 3 / field // **Feld n :** в физике полем называется один из двух видов материи (вещество и поле). В отличие от вещества поле не имеет отчётливой локализации в пространстве, оно заполняет пространство с различной интенсивностью в различных его частях. Наиболее важные физические поля — гравитационное, электромагнитное, ядерное. Поля возникают вокруг *частиц*, и взаимодействие частиц (а поэтому и макроскопических тел) осуществляется через посредство полей. Количественные свойства физических полей описываются при помощи математического понятия поля.

по́ле зрёния / field of view // **Sehfeld n , Gesichtsfeld n :** поле зрения оптической системы — часть пространства (или плоскости), изображаемая оптической системой. Поле зрения определяется диафрагмами и оправами линз или зеркал, ограничивающими световые пучки.

по́ле экстрема́лей / field of extremals // **Extremalenfeld n :** в *вариационном исчислении*: однопараметрическое семейство экстремалей функционала $J[y] = \int_a^b F(x, y, y') dx$, выходящих из точки (x_0, y_0) , образует центральное поле экстремалей в области D , если через каждую точку $M \neq (x_0, y_0)$ области D проходит ровно одна экстремаль семейства. Пример: общее

решение уравнения Эйлера для функционала $\int_0^b (1+x)y^2 dx$ имеет при $x > -1$ вид $y = C_1 \ln(x+1) + C_2$; все кривые семейства $y = C_1 \ln(x+1)$ проходят через точку $O = (0, 0)$ и образуют при $x > -1$ центральное поле с центром в точке O . В общем случае полем экстремалей в области D называется однопараметрическое семейство экстремалей, соединяющих две плоские кривые γ_1 и γ_2 , лежащие на границе области D , причём через каждую точку области проходит ровно одна экстремаль семейства.

ползучесть / creeping // Kriechen n : в физике, технике — свойство материала под воздействием постоянной нагрузки постепенно увеличивать пластическую деформацию. Ползучести в той или иной мере подвержены все твердые тела, как кристаллические, так и аморфные.

полигон / polygon // Vieleck n , Polygon n : то же, что *многоугольник*.

поликристалл / polycrystal // Polykristall m : твердое тело, образованное совокупностью мелких *монокристаллов* различной ориентации (кристаллических зёрен). Большинство твердых тел (минералы, металлы, сплавы, керамики) имеют поликристаллическое строение. Если зерна ориентированы хаотически, а их размеры малы по сравнению с размерами образца, то у поликристалла не проявляется *анизотропия*, характерная для монокристаллов. Наличие межзёренных границ существенно сказывается на физических (особенно механических) свойствах поликристалла.

поликру́г, полидиск, полицилиндр / polydisk, polycylinder // Polyzylin-
der m : в математике (в теории функций многих *комплексных переменных*): поликруг P — множество наборов комплексных чисел вида $(z_1, z_2, \dots, z_n)$ таких, что $|z_k - a_k| < r_k$, где a_k и r_k — фиксированные числа, a_k — центр, r_k — радиус круга $B_k : |z_k - a_k| < r_k, k = 1, 2, \dots, n$. Поликруг может рассматриваться как *прямое произведение* соответствующих кругов: $P = \prod_{k=1}^n B_k$. Теорема: Если функция комплексных переменных $f(z_1, \dots, z_n)$ *голоморфна* по отдельности по каждому из переменных в своём круге, то она голоморфна по совокупности переменных в соответствующем поликруге, т.е. она может быть разложена в *ряд Тейлора* в этом поликруге:

$$f(z_1, \dots, z_n) = f(a_1, \dots, a_n) + \sum_{k=1}^n \frac{\partial f}{\partial z_k} \Big|_{(a_1, \dots, a_k)} (z_k - a_k) +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i,k=1}^n \frac{\partial^2 f}{\partial z_i \partial z_k} \Big|_{(a_1, \dots, a_k)} (z_i - a_i)(z_k - a_k) + \dots$$

полилинейная форма / multilinear form // multilineare Form: функция $f(\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_n)$ нескольких векторных аргументов, зависящая от каждого из аргументов в отдельности как однородная линейная функция. В случае $n = 2$ свойство полилинейности означает, что $f(\alpha \vec{x}_1 + \beta \vec{y}_1, \vec{x}_2) = \alpha f(\vec{x}_1, \vec{x}_2) + \beta f(\vec{y}_1, \vec{x}_2)$, $f(\vec{x}_1, \alpha \vec{x}_2 + \beta \vec{y}_2) = \alpha f(\vec{x}_1, \vec{x}_2) + \beta f(\vec{x}_1, \vec{y}_2)$. В частности, *определитель*

матрицы — полилинейная форма от своих строк (или столбцов), рассматриваемых как векторы. Если A — вещественная квадратная матрица, то выражение $(A\vec{x}, \vec{y})$ является билинейной формой от векторных аргументов $\vec{x}$ и $\vec{y}$; здесь $(\vec{u}, \vec{v})$ означает скалярное произведение в *евклидовом пространстве* $\mathbf{R}^n$.

полино́м, многочлен / polynomial // Polynom n : 1) в случае одной независимой переменной x — функция вида $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$. Здесь x — *вещественная* или *комплексная* переменная, $a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0$ — постоянные (действительные или комплексные) числа, называемые коэффициентами полинома. Степень полинома (degree of a polynomial, order of a polynomial // Grad des Polynoms) — наивысший показатель степени среди всех x^k , коэффициент при которых не равен нулю. См. также *основная теорема алгебры*. 2) В случае нескольких независимых переменных $x_1, x_2, \dots, x_m$ — сумма слагаемых вида $a_{k_1 k_2 \dots k_m} x_1^{k_1} x_2^{k_2} \dots x_m^{k_m}$. Степенью полинома называют наивысший суммарный показатель степени среди всех слагаемых, при которых коэффициент не равен нулю. Например, полином $2x^3y + xy^2 + y^3 + 3xy + x + y$ имеет степень 4.

полино́мы Лагéрра / Laguerre polynomials // Laguerresche Polynome: полиномы $L_n(x)$, определяемые формулой:

$$L_n(x) = \frac{1}{n!} e^x \frac{d^n}{dx^n} x^n e^{-x}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

В частности, $L_0(x) = 1$, $L_1(x) = 1 - x$, $L_2(x) = 1 - 2x + \frac{1}{2}x^2$, $L_3(x) = 1 - 3x + \frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{6}x^3$. Полином $L_n(x)$ имеет степень n . Все n *корней* полинома $L_n(x)$ вещественные и простые; они расположены на интервале $(0, +\infty)$.

Полиномы Лагерра *ортгоналъны* с весом e^{-x} на интервале $(0, +\infty)$:

$$\int_0^\infty L_n(x) L_k(x) e^{-x} dx = 0, \quad n \neq k; \quad \int_0^\infty L_n^2(x) e^{-x} dx = 1.$$

Имеет место рекуррентная формула: $(n+1)L_{n+1}(x) = (2n+1-x)L_n(x) - nL_{n-1}(x)$. В круге $|z| < 1$ на *комплексной плоскости* z справедливо разложение

$$\frac{e^{-xz/(1-z)}}{1-z} = L_0(x) + L_1(x)z + L_2(x)z^2 + \dots$$

Полином Лагерра $L_n(x)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению Лагерра $xy'' + (1-x)y' + ny = 0$. Полиномы Лагерра встречаются, в частности, в квантовой механике при решении *уравнения Шрёдингера* для электрона в кулоновском поле.

полино́мы Лежа́ндра / Legendre polynomials // Legendresche Polynome: полиномы $P_n(x)$, определяемые формулой Родрига:

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2 - 1)^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

В частности, $P_0(x) = 1$, $P_1(x) = x$, $P_2(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1)$, $P_3(x) = \frac{1}{2}(5x^3 - 3x)$. Полином $P_n(x)$ имеет степень n ; полиномы чётной (нечётной) степени — чётные (нечётные) функции. Все n корней полинома $P_n(x)$ вещественные и простые; они расположены на интервале $(-1, 1)$. Полиномы Лежандра ортогональны на промежутке $(-1, 1)$:

$$\int_{-1}^1 P_n(x)P_k(x) dx = 0, \quad n \neq k; \quad \int_{-1}^1 P_n^2(x) dx = \frac{2}{2n+1}.$$

Имеет место рекуррентная формула: $(n+1)P_{n+1}(x) = (2n+1)xP_n(x) - nP_{n-1}(x)$. В круге $|z| < 1$ на комплексной плоскости z справедливо разложение

$$(1 - 2xz + z^2)^{-1/2} = P_0(x) + P_1(x)z + P_2(x)z^2 + \dots$$

Полином $P_n(x)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению Лежандра $(1 - x^2)y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0$. Полиномы Лежандра встречаются, в частности, при разделении переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах.

полиномы Чебышёва / Chebyshev polynomials // Tschebyscheffsche Polynome: полиномы $T_n(x)$, определяемые при $x \in [-1, 1]$ формулой:

$$T_n(x) = \cos(n \arccos x), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

В частности, $T_0(x) = 1$, $T_1(x) = x$, $T_2(x) = 2x^2 - 1$, $T_3(x) = 4x^3 - 3x$. Полином $T_n(x)$ имеет степень n ; полиномы чётной (нечётной) степени — чётные (нечётные) функции. Все n корней полинома $T_n(x)$ вещественные и простые; они расположены в интервале $(-1, 1)$. Полиномы Чебышева ортогональны с весом $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ на интервале $(-1, 1)$:

$$\int_{-1}^1 T_n(x)T_k(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = 0, \quad n \neq k; \quad \int_{-1}^1 T_0^2(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \pi, \quad \int_{-1}^1 T_n^2(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \frac{\pi}{2}.$$

Имеет место рекуррентная формула: $T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x)$. Полином $T_n(x)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению $(1 - x^2)y'' - xy' + n^2y = 0$. Полиномы Чебышева применяются в вычислительной математике.

полиномы Эрмита, полиномы Чебышева–Эрмита / Hermite polynomials // Hermitesche Polynome: полиномы $H_n(x)$, определяемые формулой:

$$H_n(x) = (-1)^n e^{x^2} \frac{d^n}{dx^n} e^{-x^2}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

В частности, $H_0(x) = 1$, $H_1(x) = 2x$, $H_2(x) = 4x^2 - 2$, $H_3(x) = 8x^3 - 12x$. Полином $H_n(x)$ имеет степень n ; полиномы чётной (нечётной) степени — чётные (нечётные) функции. Все n корней полинома $H_n(x)$ вещественные и простые. Полиномы Эрмита ортогональны с весом e^{-x^2} на интервале $(-\infty, +\infty)$:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} H_n(x) H_k(x) e^{-x^2} dx = 0, \quad n \neq k; \quad \int_{-\infty}^{+\infty} H_n^2(x) e^{-x^2} dx = 2^n n! \sqrt{\pi}.$$

Имеет место рекуррентная формула: $H_{n+1}(x) = 2xH_n(x) - 2nH_{n-1}(x)$. В комплексной плоскости z справедливо разложение

$$e^{2xz-z^2} = H_0(x) + \frac{1}{1!} H_1(x)z + \frac{1}{2!} H_2(x)z^2 + \dots$$

Полином $H_n(x)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению Эрмита $y'' - 2xy' + 2ny = 0$. Полиномы Эрмита встречаются в квантовой механике при решении уравнения Шрёдингера для гармонического осциллятора.

политро́па / polytrope // Polytrope f : линия, изображающая на термодинамических диаграммах политропический процесс. Уравнение политропы идеального газа имеет вид $pV^n = \text{const}$, где p — давление, V — объем газа, n — показатель политропы.

политропи́ческий процесс / polytropic process // polytropischer Prozess: изменение состояния термодинамической системы, при котором остается постоянной её теплоёмкость. Кривая на термодинамических диаграммах, изображающая такой процесс, называется политропой. Политропические процессы с идеальным газом описываются уравнением $pV^n = \text{const}$, где p — давление, V — объем газа, n — показатель политропы, связанный с теплоемкостью C процесса соотношением:

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_V}.$$

Здесь C_V и C_p — теплоёмкости газа соответственно при постоянном объеме и постоянном давлении. Частными случаями политропических процессов являются адиабатический процесс ($C = 0$, $n = C_p/C_V$), изобарический процесс ($C = C_p$, $n = 0$), изотермический процесс ($C = \infty$, $n = 1$).

полици́линдр: то же, что поликруг.

полиэ́др: то же, что многогранник.

по́лная аналити́ческая фу́нкция / complete analytic function, monogenic function // vollständige analytische Funktion, monogene Funktion: в теории функций комплексного переменного — результат аналитического продолжения по всевозможным путям, исходя из какого-либо элемента функции.

по́лная вероят́ность: см. формула полной вероятности.

по́лная проводимо́сть, адмиттанс / admittance // Admittanz f , Scheinleitwert m : см. полное сопротивление.

по́лное вну́треннее отраже́ние / total internal reflection // totale innere Reflexion: отражение электромагнитного излучения (в частности, света) при его падении на границу раздела двух прозрачных сред из

среды с бóльшим *показателем преломления* под углом, превосходящим предельный угол полного отражения φ_m . Значение предельного угла полного отражения определяется *законом преломления*: $\sin \varphi_m = n_2/n_1$, где n_1 и n_2 — показатели преломления первой и второй сред. При полном отражении энергия электромагнитного излучения полностью возвращается в оптически более плотную среду. Во вторую (менее плотную) среду электромагнитное поле проникает лишь на расстояние порядка длины волны, экспоненциально затухая при удалении от границы раздела и образуя одностороннюю *поверхностную волну*. Полное внутреннее отражение широко используется во многих оптических приборах (призмы полного отражения), в линиях оптической связи (оптические волокна).

пóльное простра́нство / complete space // vollständiger Raum: *метрическое пространство*, обладающее *полнотой*. См. также *банахово пространство* и *гильбертово пространство*.

пóльное сопроти́вление, импеданс / impedance // Impedanz f : в физике: если цепь переменного тока состоит из последовательно соединенных резистора сопротивлением R , конденсатора емкости C и катушки индуктивности L , то её полное сопротивление Z равно $\sqrt{R^2 + X^2}$, где $X = \omega L - 1/\omega C$ — реактивное сопротивление цепи переменного тока. Для такой цепи закон Ома имеет вид $I = U/Z$, а сдвиг фаз между током и напряжением определяется отношением реактивного сопротивления к активному: $\operatorname{tg} \varphi = X/R$. Для расчета разветвленных цепей переменного тока применяют правила Кирхгофа.

полнотá / completeness // Vollständigkeit: в математике — свойство *метрического пространства* X (в частности, *нормированного пространства*), состоящее в том, что в нём всякая *фундаментальная последовательность* $\{x_n\}$ имеет предел, являющийся элементом пространства. Это означает, что если $\rho(x_m, x_n) \rightarrow 0$ при $m, n \rightarrow \infty$, то существует элемент $x \in X$ такой, что $\rho(x_n, x) \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

пóльный дифференциáл / total differential // totales Differential: полный дифференциал функции $f(x_1, \dots, x_n)$ — выражение $df = A_1 dx_1 + \dots + A_n dx_n$, где $dx_1, \dots, dx_n$ — *дифференциалы* переменных $x_1, \dots, x_n$, а коэффициенты $A_1, \dots, A_n$ — соответствующие *частные производные* функции f : $A_k = \frac{\partial f}{\partial x_k}$, $k = 1, \dots, n$. Если $x_1, \dots, x_n$ — независимые переменные, то их дифференциалы — произвольные приращения этих переменных: $dx_k = \Delta x_k$. Если же $x_1, \dots, x_n$ — функции переменных $t_1, \dots, t_n$, то-есть $x_k = \phi_k(t_1, \dots, t_n)$, то $dx_k = B_{k1} dt_1 + \dots + B_{kn} dt_n$, где $B_{kj} = \frac{\partial \phi_k}{\partial t_j}$, $j = 1, \dots, n$. Полный дифференциал обладает свойством инвариантности:

$$df = \sum_{k=1}^n A_k dx_k = \sum_{j=1}^n C_j dt_j, \quad A_k = \frac{\partial f}{\partial x_k}, \quad C_j = \frac{\partial f}{\partial t_j},$$

причем производные $\frac{\partial f}{\partial t_j}$ вычисляются полным образом. Это означает, что в аргументы $x_1, \dots, x_n$ функции f сделана подстановка $x_k = \psi_k(t_1, \dots, t_n)$, и функцию f дифференцируют как сложную функцию: $\frac{\partial f}{\partial t_j} = \sum_{s=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_s} \frac{\partial \psi_s}{\partial t_j}$.

половина / half // Hältfe f : 50%, или 1/2. О времени: «половина третьего» / half past two // halb drei Uhr, halb drei.

пологий / slanting, sloping // abfallend: наклонный (не крутой).

положение 1) situation, state, condition // Lage f , Sachlage f , Situation f , Zustand m : состояние или ситуация, в которой находится кто-то или что-то: «положение, в котором окажется наша лаборатория в случае прекращения финансирования» /// «выход из положения» / way out, exit // Ausweg m ; 2) position, place, location // Lage f , Position f : местоположение в пространстве, позиция: «положение точки в пространстве задаётся тремя координатами» / the position of a point in space is described by three coordinates // die Lage eines Punktes im Raum wird mit drei Koordinaten definiert /// «поставьте все переключатели в исходное положение» / return all switches to the initial position // stellen Sie alle Umschalter in die Ausgangsposition; 3) statement, postulate // These f , Satz m , Leitsatz m : утверждение, формулировка, постулат, основание: «основные положения квантовой теории» / basic postulates in the quantum theory // Thesen der Quantumtheorie.

положим / put, define // definieren: введем, определим, зададим. «Для $a \leq x \leq b$, положим $F(x) = \int_a^x f(t) dt$ » / for $a \leq x \leq b$, put $F(x) = \int_a^x f(t) dt$ // für $a \leq x \leq b$ definieren wir $F(x) = \int_a^x f(t) dt$.

положительное число / positive number // positive Zahl: действительное число, большее нуля.

положительно определённый / positive definite // positiv definit: симметричный оператор A в гильбертовом пространстве H с областью определения D_A называется положительно определённым, если существует число $\gamma > 0$ такое, что для всех $x \in D_A$ выполняется неравенство $(Ax, x) \geq \gamma(x, x)$. Эрмитова матрица A как оператор в конечномерном векторном пространстве является положительно определённой, если все её собственные значения положительны. См. также критерий Сильвестра и отрицательно определённый.

полоса / band, strip, zone // Streifen m , Zone f : узкая длинная область, зона. В геометрии — часть плоскости между двумя параллельными прямыми, лежащими в этой плоскости. В физике: «интерференционная полоса» / (interference) fringe // Interferenzstreifen m .

полосатый спектр / band spectrum // Bandenspektrum n , Zonenspektrum n : в оптике — спектр, состоящий из широких частотных полос, разделённых узкими пробелами. Полосатые спектры характерны для

поглощения и излучения света при электронных переходах в молекулах или междузонных переходах в кристаллах. См. *спектр излучения*.

пóлость / cavity, void // Hohlraum *m*: пустое пространство внутри сплошного тела.

пóлосы рáвного наклóна / fringes of constant inclination, isoclinic fringes // die Streifen der konstanten Inklinatíon: система чередующихся темных и светлых полос, возникающих при освещении прозрачного слоя постоянной толщины (*плоскопараллельной пластинки*) пучком *монохроматического света*. Появление полос равного наклона обусловлено *интерференцией* света, отраженного от передней и задней поверхностей пластинки. Полосы равного наклона локализованы в бесконечности, и для их наблюдения интерферирующие лучи собирают с помощью линзы на экран, расположенный в фокальной плоскости линзы.

пóлосы рáвной толщíны / fringes of constant thickness, isopathic fringes // die Streifen der konstanten Dicke: интерференционные полосы, возникающие при отражении света от передней и задней границ тонкой прозрачной пленки. В отличие от *полос равного наклона*, полосы равной толщины локализованы непосредственно вблизи поверхности тонкого прозрачного слоя переменной толщины. Максимумы и минимумы освещенности полос совпадают с линиями на поверхности слоя, вдоль которых разность хода двух интерферирующих лучей, отраженных от границ слоя, одинакова и равна целому числу полуволн. Полосы равной толщины обуславливают радужную окраску тонких пленок (мыльных пузырей, масляных и нефтяных пятен на поверхности воды и т.п.).

полторá / one and a half // eineinhalb, anderthalb: $1\frac{1}{2}$.

полубесконéчный / semi-infinite // halbunendlich: в математике: полубесконечный интервал — интервал вида $(a, +\infty)$ или $(-\infty, a)$.

полуво́лна / half-wave // Halbwelle *f*: часть синусоидального колебания, соответствующая половине *длины волны*.

полугрúппа / semigroup // Halbgruppe *f*: обобщение понятия *группы*. Полугруппой называется произвольное *множество* S , в котором задана одна операция $*$, сопоставляющая всяким двум элементам $a \in S$, $b \in S$ третий элемент $a * b \in S$ и удовлетворяющая аксиоме ассоциативности: $a * (b * c) = (a * b) * c$ для любых $a, b, c \in S$. Таким образом, полугруппа отличается от группы тем, что из всех аксиом группы остаётся только одна — ассоциативность, поэтому всякая группа является полугруппой, но не всякая полугруппа является группой.

Примеры полугрупп: 1) множество положительных чисел, с операцией сложения или операцией умножения; 2) множество квадратных *матриц*, с операцией умножения; 3) множество функций от x , с операцией умножения функций: $(f * g)(x) = f(x)g(x)$; 4) множество множеств, с операцией

пересечения или объединения множеств; 5) пусть A — *ограниченный оператор* в банаховом пространстве X , тогда семейство операторов $g(t) = e^{At}$, зависящее от параметра $t \in [0, +\infty)$, образует полугруппу, в которой $g(t_2) * g(t_1) = g(t_1 + t_2)$.

Важным примером служит полугруппа F_X , определяемая следующим образом: пусть X — произвольное множество, а F_X — множество всех конечных последовательностей $(x_1, \dots, x_n)$ элементов из X . Операция $*$ вводится по формуле: $(x_1, \dots, x_n) * (y_1, \dots, y_m) = (x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m)$. Тогда F_X относительно операции $*$ является полугруппой; она называется свободной полугруппой на множестве X . Всякая полугруппа есть гомоморфный образ некоторой свободной полугруппы, см. *гомоморфизм*.

Полугруппы, как и группы, находят широкое применение в математике и физике.

полукруг / half-disk // Halbkreis m : половина *круга*, плоская фигура, ограниченная половиной *окружности* и *диаметром*.

полукруглый / semicircular // halbrund: имеющий форму *полукруга*.

полукубическая парабола / semicubical parabola // semikubische Parabel: плоская кривая, имеющая в *декартовых координатах* на плоскости Oxy уравнение $y = ax^{\frac{3}{2}}$.

полулинейный / semilinear // semilinear, halblinear: пусть отображение α векторного пространства M на векторное пространство N над одним и тем же *кольцом* K определяется равенствами: $\alpha(x+y) = \alpha(x) + \alpha(y)$, $\alpha(kx) = \sigma(k)\alpha(x)$, где $x, y \in M$, $k \in K$, σ — некоторый автоморфизм кольца K , т.е. *взаимно однозначное отображение* K на себя. Тогда α называется полулинейным отображением относительно автоморфизма σ . В частности, если K есть поле **C** *комплексных чисел* и $\sigma(k) = k$, то отображение является линейным, а если $\sigma(k) = \bar{k}$, то отображение называется антилинейным.

полунепрерывная функция / semicontinuous function // halbstetige Funktion: функция $f(x)$ называется полунепрерывной сверху в точке x_0 , если *верхний предел* функции равен значению функции в этой точке: $\overline{\lim}_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0)$. Полунепрерывность снизу определяется аналогично (с заменой верхнего предела на нижний). Функция, полунепрерывная сверху и снизу, непрерывна. «Полунепрерывный сверху (снизу)» / upper (lower) semicontinuous // halbstetig von oben (von unten).

полуограниченный / semibounded, bounded from one side // halbbeschränkt: в математике: полуограниченный оператор — *симметричный оператор* A в *гильбертовом пространстве* H , для которого существует такое число γ , что $(Ax, x) \geq \gamma(x, x)$ для всех x из области определения $D(A)$ оператора A . Всякий полуограниченный оператор может быть расширен до полуограниченного *самосопряжённого* оператора с той же нижней гранью γ .

полуокрѣстность / half-neighbourhood // Halbumgebung f : на числовой оси: левая полуокрестность точки x_0 — *интервал* оси (a, x_0) , примыкающий слева к этой точке; правая полуокрестность точки x_0 — интервал оси (x_0, b) , примыкающий к этой точке справа. Иногда саму точку x_0 включают в полуокрестность.

полуокрѣжность / semicircle // Halbkreisrand m : половина *окружности*, т.е. одна из двух частей, на которые окружность делится прямой линией, проходящей через её центр.

полуось 1) half-line, ray // Strahl m , Halbgerade f : один из двух *лучей*, на которые начало отсчёта на координатной *оси* делит эту ось; 2) semiaxis // Halbachse f : одна из полуосей *эллипса* или *гиперболы*.

полуоткрытый интервал / half-open interval, half-interval // halboffenes Intervall: *интервал*, к которому присоединена одна из концевых точек, или, что то же, множество точек на числовой оси вида $(a, b]$ или $[a, b)$.

полуплѣскость / half-plane // Halbebene f : каждая из двух частей, на которые плоскость делится всякой прямой линией, лежащей в этой плоскости.

полупроводники / semiconductors // Halbleiter m, pl : широкий класс веществ, характеризующийся значениями удельной *электропроводности*, промежуточными между электропроводностью *металлов* и *диэлектриков*. Характерной особенностью полупроводников, отличающей их от металлов, является возрастание электропроводности с температурой. Электроны в полупроводниках, в отличие от металлов, связаны с атомами и становятся свободными *носителями заряда* (отрицательно заряженными *квазичастицами* — электронами проводимости) только при разрыве этих связей. Разорванная связь становится блуждающей по кристаллу *дыркой* — квазичастицей с единичным положительным зарядом. В идеальном кристалле возбуждение одного из связанных электронов (электронов валентной зоны) и превращение его в электрон проводимости неизбежно вызывает появление дырки, так что концентрации обоих типов носителей равны между собой (собственная проводимость).

Наличие примесных атомов существенно влияет на характер проводимости. Примеси делятся на *доноры* и *акцепторы*. Доноры (например, атомы элементов V группы в кристаллах кремния и германия) поставляют избыточные электроны в зону проводимости и создают электронную проводимость (проводимость n -типа). Акцепторы (элементы III группы в кристаллах кремния и германия) захватывают электроны валентной зоны, в результате чего создаются дырки и возникает дырочная проводимость (проводимость p -типа).

Контролируя введение примесей, можно создавать однородные полупроводники

с заданными электрическими свойствами, а также т.н. электронно-дырочные переходы (*p-n*-переходы), обладающие выпрямляющими свойствами (их проводимость зависит от знака приложенного напряжения) и *транзисторы*.

Размещая в одном кристалле большое число транзисторов, получают интегральные микросхемы разного назначения (например, *микропроцессоры*).

полупроводниковые приборы / semiconductor devices // Halbleit-
ergeräte *pl*: общее название разнообразных приборов, действие которых
основано на свойствах *полупроводников*.

полупроницаемые мембраны / semipermeable membranes // halb-
durchlässige Membranen: тонкие пленки, сквозь которые могут проходить
атомы или ионы одного сорта и не могут проходить другие атомы или
ионы.

полупространство / half-space // Halbraum *m*: в геометрии — одна
из двух частей пространства, на которые произвольная плоскость делит
пространство.

полупрямая, луч / half-line // Halbgerade *f*: одна из двух частей
прямой линии, на которые её делит произвольная точка прямой.

полусумма / half-sum // Halbsumme *f*: половина суммы двух или
нескольких слагаемых, то-есть $\frac{1}{2}(a_1+a_2+\dots+a_n)$. В случае двух слагаемых
полусумма совпадает со *средним арифметическим*.

полусфера / hemisphere // Hemisphäre *f*: половина *сферы*, т.е. одна
из двух частей, на которые сферу делит какая-либо плоскость, проходящая
через центр сферы.

полутень / half-shadow, penumbra // Halbschatten *m*: пространство
между областями полной тени и полного света, образующееся за непрозрачным
телом при освещении его протяженным источником света с большими
угловыми размерами. Из области полутени видна только часть источника,
в то время как из области тени источник света не виден совсем.

полуторалинейная форма, полубилинейная форма / sesquilinear
form // Sesquilinearform *f*, Semibilinearform *f*: числовая функция $f(\vec{x}, \vec{y})$
двух векторных аргументов $\vec{x}$ и $\vec{y}$ называется полуторалинейной формой,
если $f(\alpha\vec{x}_1 + \beta\vec{x}_2, \vec{y}) = \alpha f(\vec{x}_1, \vec{y}) + \beta f(\vec{x}_2, \vec{y})$ и $f(\vec{x}, \alpha\vec{y}_1 + \beta\vec{y}_2) = \bar{\alpha} f(\vec{x}, \vec{y}_1) + \bar{\beta} f(\vec{x}, \vec{y}_2)$ для произвольных *комплексных чисел* α и β и любых векторов
 $\vec{x}, \vec{y}$ из *унитарного пространства* X . Пример: пусть A — квадратная
 $n \times n$ *матрица*, $\vec{x}$ и $\vec{y}$ — *векторы-столбцы* из n -мерного унитарного
пространства, тогда выражение $(A\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{i,k=1}^n a_{ik}x_k\bar{y}_i$ — полуторалинейная
форма.

полуцелый / half-integer, half-odd // halbzahlig: равный одному из
чисел вида $\frac{1}{2} + n$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

полусфера / hemisphere // Halbkugel *f*, Hemisphäre *f*: половина *шара*,

т.е. одна из двух частей, на которые делит шар какая-либо плоскость, проходящая через его центр. «Полушария головного мозга» / cerebral hemispheres // die Hemisphären des Gehirns.

по́лый / hollow // hohl, Hohl=: пустой внутри. «Полый шар» / spherical shell, sphere // Sphäre *f*.

по́лый катод / hollow cathode // Hohlkatode *f*: отрицательный полюс специального газоразрядного источника света, применяемого в *спектроскопии*. Чаще всего имеет вид полого цилиндра, рабочая поверхность которого охватывает часть разрядного пространства. Этим достигается более эффективное возбуждение и ионизация атомов в разряде.

пользователь / user // Anwender *m*: в информатике — тот, кто пользуется компьютером.

полюс / pole // Pol *m*: в географии: Южный полюс / South Pole // Südpol; Северный полюс / North Pole // Nordpol. В математике: а) полюс — начало отсчёта в системах *полярных координат* и *сферических координат*; б) один из видов *особых точек* однозначных *аналитических функций* комплексного переменного.

поляриза́тор / polarizer // Polarisator *m*: устройство для получения полностью или частично поляризованного оптического излучения из неполяризованного излучения (см. *поляризация света*). Поляризаторы, дающие линейно поляризованный свет, представляют собой специальные призмы, изготовленные из оптически анизотропных материалов (кристаллов), либо *поляроиды*, действие которых основано на явлении *дихроизма*, либо оптические стопы изотропных пластинок. Для получения циркулярно поляризованного света (света круговой поляризации) используют комбинацию линейного поляризатора и кристаллической пластинки толщиной четверть длины волны. Любой поляризатор может быть использован и как анализатор поляризованного излучения. См. также *поляризационные приборы*.

поляриза́ционные приборы / polarization devices // Polarisationsgeräte *pl*: оптические приборы для анализа, получения и преобразования поляризованного оптического излучения (света) и различных исследований и измерений, основанных на явлении *поляризации света*. Простейшие устройства для получения и преобразования поляризованного света — линейные и циркулярные *поляризаторы*, кристаллические фазовые пластинки, компенсаторы и т.п.

Для получения поляризованного света используется одно из трёх физических явлений: 1) поляризация при *отражении света* или *преломлении света* на границе раздела двух прозрачных сред; 2) *дихроизм*; 3) *двойное лучепреломление* в кристаллах. Поляризационные приборы отличаются чрезвычайным многообразием сфер применения, принципов действия и конструктивного оформления.

поляриза́ция / polarization // Polarisation *f*: 1) поляризация среды

(диэлектрика) — процесс образования объёмного дипольного электрического момента среды под действием электрического поля или механических напряжений; возникающий при этом дипольный момент единицы объёма среды также называют поляризацией (или поляризованностью), см. также *поляризуемость диэлектрика*; 2) поляризация *электромагнитных волн*, в частности, *поляризация света*; 3) поляризация вакуума — релятивистское квантовое явление, заключающееся в рождении виртуальных пар заряженных частиц-античастиц (например, электрон-позитронных пар) из вакуума под влиянием заряженной частицы и приводящее к частичной экранировке её заряда.

поляри́зация све́та / polarization of light // Polarisatíon des Lichte: физическая характеристика оптического излучения, отражающая поперечную анизотропию световых волн, т.е. преимущественное направление колебаний вектора $\vec{E}$ напряженности электрического поля световой волны в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Свет, испускаемый отдельным элементарным излучателем (атомом, молекулой) в каждом акте излучения, имеет определенное состояние поляризации. Но макроскопические источники состоят из огромного числа независимых элементарных излучателей, пространственные ориентации которых и моменты актов испускания распределены хаотически. В результате их излучение оказывается неполяризованным, в котором все направления колебаний вектора $\vec{E}$ в плоскости, перпендикулярной световому лучу, равноправны. Иначе такой свет, обладающий осевой симметрией, называют естественным.

Свет называют полностью поляризованным, если две взаимно перпендикулярные компоненты вектора $\vec{E}$ совершают колебания с постоянной разностью фаз. В этом случае конец вектора $\vec{E}$ описывает эллипс в плоскости, перпендикулярной световому лучу (эллиптически поляризованный свет). Линейной поляризации соответствует вырождение эллипса в отрезок прямой, определяющий положение плоскости поляризации (синфазные колебания компонент вектора $\vec{E}$). Когда эллипс поляризации представляет собой окружность (при этом разность фаз колебаний равных по модулю взаимно перпендикулярных компонент вектора $\vec{E}$ составляет четверть периода световых колебаний), поляризацию называют круговой или циркулярной (правой или левой в зависимости от направления обхода). Частично поляризованный свет можно представить как смесь полностью поляризованного и естественного света.

поляризу́емость диэ́лектрика / polarizability of dielectric // Polarisationsfähigkeit des Dielektrikums: способность атомов и молекул диэлектрика под действием электрического поля $\vec{E}$ приобретать *дипольный момент* $\vec{p}$, обусловленный смещением входящих в их состав электрических зарядов.

В относительно слабых полях зависимость $\vec{p}$ от $\vec{E}$ линейная: $\vec{p} = \alpha \vec{E}$, где коэффициент пропорциональности α называется поляризуемостью молекулы. Суммарный дипольный момент всех частиц в единице объема $\vec{P} = \sum \vec{p} = \kappa \vec{E}$ называется *поляризацией* (или поляризованностью) среды, а коэффициент пропорциональности κ — поляризуемостью среды (диэлектрика). В полярных диэлектриках, молекулы которых обладают собственным дипольным моментом, поляризуемость называется ориентационной: под действием внешнего электрического поля хаотически ориентированные дипольные моменты отдельных молекул ориентируются преимущественно по направлению поля, и в слабых полях суммарный дипольный момент всех частиц в единице объема $\vec{P}$ также пропорционален $\vec{E}$.

полярные координаты / polar coordinates // Polarkoordinaten *pl*: полярная система координат на плоскости вводится следующим образом. На плоскости выбирают и фиксируют точку O («полюс») и выходящий из неё луч OA («полярный луч»). Положение произвольной точки P на плоскости определяется полярным радиусом r и полярным углом ϕ , где r — расстояние от точки P до полюса, ϕ — угол между полярным лучом и вектором $\vec{OP}$, причем направление отсчёта угла против часовой стрелки считается положительным, а по часовой стрелке — отрицательным. Пара чисел r, ϕ задаёт точку на плоскости единственным образом. Точка на плоскости задаёт единственным образом число r , а число ϕ при $r \neq 0$ — с точностью до слагаемого вида $2\pi n$, где n — любое целое число, что соответствует целому числу полных оборотов точки вокруг полюса; в случае $r = 0$ угол остается неопределённым.

Если мы введём *декартову систему координат* Oxy с началом в полюсе и осью абсцисс, направленной вдоль полярного луча, то полярные и *декартовы координаты* будут связаны следующими формулами:

$$x = r \cos \phi, \quad y = r \sin \phi; \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \cos \phi = \frac{x}{r}, \quad \sin \phi = \frac{y}{r}.$$

поляри́д / polaroid, polarizing filter // Polaroid *n*, Polarisationsfilter *n*: поляризационный светофильтр, один из основных типов оптических *поляризаторов*. Поляроид представляет собой тонкую пленку из вещества, обладающего *дихроизмом*, заклеенную с двух сторон прозрачными пластинками для защиты от действия влаги и механических повреждений. Поляризующая среда содержит множество мельчайших кристалликов или органических молекул полимера, одинаково ориентированных. Такая среда неодинаково поглощает две линейно поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях составляющие падающего на нее света. В результате одна из этих составляющих поглощается в пленке почти полностью, а другая проходит через поляроид почти без ослабления.

помехи / disturbances // Störungen *pl*: то, что мешает нормальной работе системы или устройства, например, радиопомехи (radio disturbances // Funkstörungen *pl*).

пондеромоторный / ponderomotive // ponderomotorisch: пондеромоторное взаимодействие токов — механическое взаимодействие проводников с токами посредством возбуждаемых ими магнитных полей. См. также *закон Ампера*.

Понтрягин Лев Семёнович (1908–1988), российский математик, академик. В 13 лет потерял зрение. Труды по топологии, теории непрерывных групп, качественной теории дифференциальных уравнений. Фундаментальный вклад в теорию оптимальных процессов.

понятие / concept, notion, idea // Begriff *m*, Idee *f*: концепция, представление, идея.

поочерёдно / by turns, in turn // der Reihe nach, abwechselnd: по очереди, один за другим.

попадание / hit // Treffer *m*: при стрельбе в цель — поражение цели.

попарно / pairwise, in pairs; mutually // paarweise: по-двое, парами. «Попарно не пересекающиеся подмножества» / mutually disjoint subsets // paarweise disjunkte [oder: elementfremde] Untermengen.

поперёчная волна / transverse wave // Querwelle *f*, Transversalwelle *f*: в физике: упругая (звуковая) волна, распространяющаяся в упругой среде, смещения частиц которой происходят в направлении, перпендикулярном к направлению распространения волны. При этом элементы среды подвержены сдвиговым деформациям. Бегущие *электромагнитные волны* в вакууме и изотропной среде также поперечны — у них электрический и магнитный векторы направлены перпендикулярно к направлению распространения.

поперёчное колебание / transverse vibration // Transversalschwingung *f*: в физике: поперечное, или изгибное, колебание (упругого) *стержня* — колебание, при котором отклонения участков стержня от положения покоя совершаются в направлении, перпендикулярном стержню. Поперечные колебания происходят благодаря изгибам стержня. См. также *продольное колебание*.

поперёчное сечение / cross-section // Querschnitt *m*: в физике — сечение цилиндрического проводника (или трубки) плоскостью, перпендикулярной оси проводника.

поперёчный / cross, transverse, transversal, cross-cut // Quer=: идущий поперёк, т.е. под прямым углом к предварительно выбранному направлению.

пополам / in two, in halves // in zwei Hälften, zur Hälfte: на две равные части. «Делить пополам» / divide in two, bisect // halbieren /// «Деление пополам» / bisection // Halbierung *f*.

пополнение / completion, replenishment, supplement // Vervollständigung

f, Ergänzung *f*: пополнение *метрического пространства* — добавление к множеству элементов пространства пределов всех *фундаментальных последовательностей*. В результате пополнения получается *полное пространство*.

поправка / correction // Verbesserung *f*, Korrektur *f*: исправление, коррекция. «Вносить поправки» / correct // korrigieren, verbessern.

поправочный коэффициент / correction factor // Korrektionsfaktor *m*: в физике: дополнительный множитель, который вводят в формулу для того, чтобы повысить её точность.

поправочный член / correction term // Korrektionsterm *m*: в физике и математике: слагаемое, добавляемое в формулу, например, поправочный член в *формуле Тейлора*.

популяция / population // Population *f*: в биологии — совокупность растений или животных какого-либо вида, обитающего в каком-нибудь определённом районе.

попытка / attempt, endeavour // Versuch *m*: «до 1995 года все попытки доказать последнюю теорему Ферма были безуспешны» / up to 1995 all attempts to prove the Last Fermat theorem had failed // bis zum 1995 waren alle Versuche, die Fermatschen Vermutung zu beweisen erfolglos.

пора́ 1 / time, period, season // Zeit *f*, Jahreszeit *f*: время года, сезон, период времени.

пора́ 2 / time // es ist Zeit, es ist in der Zeit: «К сожалению, Ваше выступление пора заканчивать» — сказал председатель / «I'm sorry, it is time to end your speech», the chairman said // «Jetzt ist leider die Zeit, Ihre Rede zu beendigen», hat der Vorsitzende gesagt.

по́ра / pore // Pore *f*: маленькое отверстие, через которое может просачиваться газ или жидкость.

по́ристый ма́териал / porous substance // poröser Stoff: вещество, имеющее *по́ры*. Пористый материал способен пропускать газ или жидкость через поры.

по́рог / threshold // Schwelle *f*: в физике: критическое значение какой-нибудь физической величины, например, порог возбуждения *параметрического резонанса*, *порог слышимости*.

по́рог слы́шимости / threshold of hearing // Hörschwelle *f*: минимальная величина звукового давления, при котором звук данной частоты ещё может быть воспринят ухом человека. У разных людей и у одного человека в разное время порог слышимости может различаться в зависимости от возраста, состояния здоровья, тренированности.

порожда́ть / generate, induce, provide, give rise to // erzeugen, hervorbringen, hervorrufen, verursachen: вызывать, производить, индуцировать (электрические токи или заряды).

поро́чный круг / vicious circle // Teufelskreis *m*: в рассуждениях —

логически ошибочная конструкция, в которой делается попытка доказать некоторое утверждение, опираясь на само это утверждение как на уже доказанное. Подобная ошибка может встретиться и в (неверном) определении, например: «точкой называется пересечение двух отрезков, не лежащих на одной прямой; отрезок, по определению, есть часть прямой, ограниченная двумя точками».

пóрция / portion // Portion f : в физике: «квант — порция энергии».

порядковые символы / order symbols // Landau-Symbole pl : в математике — символы o и O , применяемые для сравнения двух *бесконечно малых* или двух *бесконечно больших* величин. 1) Пусть $\lim f(x) = \lim g(x) = 0$ при $x \rightarrow a$ (a — конечное число или бесконечность). Если $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = 0$, то говорят, что $f(x)$ есть бесконечно малая высшего порядка (малости) по сравнению с $g(x)$, и пишут: $f(x) = o(g(x))$, $x \rightarrow a$ (читается: « $f(x)$ есть o -малое от $g(x)$ при $x \rightarrow a$ »). Запись $f(x) = o(1)$, $x \rightarrow a$, означает, что $f(x)$ есть бесконечно малая при $x \rightarrow 0$. Если существует постоянное число C такое, что $|f(x)| \leq C|g(x)|$ в некоторой окрестности точки a , то говорят, что $f(x)$ есть бесконечно малая не меньшего порядка, чем $g(x)$, и пишут: $f(x) = O(g(x))$, $x \rightarrow a$ (читается: « $f(x)$ есть O -большое от $g(x)$ при $x \rightarrow a$ »). Запись $f(x) = O(1)$, $x \rightarrow a$, означает, что $f(x)$ ограничена в окрестности точки a .

2) Пусть $\lim f(x) = \lim g(x) = \infty$ при $x \rightarrow a$. Если $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = 0$, то говорят, что $f(x)$ есть бесконечно большая меньшего порядка роста по сравнению с $g(x)$, и пишут: $f(x) = o(g(x))$, $x \rightarrow a$. Если существует постоянное число C такое, что $|f(x)| \leq C|g(x)|$ в некоторой окрестности точки a , то говорят, что $f(x)$ есть бесконечно большая не большего порядка роста, чем $g(x)$, и пишут: $f(x) = O(g(x))$, $x \rightarrow a$.

Примеры: $\sin^2 x = o(x)$, $x \rightarrow 0$; $\ln x = o(x)$, $x \rightarrow +\infty$; $\sin x = o(1)$, $x \rightarrow 0$; $\sin x = O(1)$, $x \rightarrow \infty$; $x^n = o(e^x)$, $x \rightarrow +\infty$; $x \sin x = O(x)$, $x \rightarrow \infty$.

См. также: *асимптотическая формула*.

порядок 1) order // Ordnung f : в *комбинаторике* — взаимное расположение двух не равных между собой чисел a и b в *перестановке* $[..., a, ..., b, ...]$ называется порядком, если $a < b$, и беспорядком, или инверсией, если $a > b$; 2) power // Potenz f : показатель степени числа 10 при записи чисел в десятичной форме с «порядком»: например, записи $2,3074 \cdot 10^3$, $2307,4$ и $23074,0 \cdot 10^{-1}$ означают одно и то же. Целые числа (особенно большие *приближённые числа*) также удобно записывать с порядком: $22\,340\,012\,000 = 22\,340\,012 \cdot 10^3 \approx 22,34 \cdot 10^9$; 3) multiplicity // Vielfachheit f : порядок, или *кратность*, нуля функции или корня уравнения; порядок, или кратность, *полюса* аналитической функции; 4) order //

Ordnung f : порядок квадратной *матрицы*, порядок *определителя*: число строк.

порядок интерференции / order of interference // Ordnung der Interferenz: величина, равная разности хода интерферирующих лучей, выраженной в длинах световой волны. Целые и полуцелые значения порядка интерференции соответствуют максимумам и минимумам интенсивности в интерференционной картине. Чем выше порядок интерференции, тем более монохроматичным должен быть свет для наблюдения интерференционной картины. Порядок интерференции может лежать в интервале от единиц (кольца Ньютона) до нескольких миллионов (интерферометр Фабри–Перо).

порядок малости: см. *порядковые символы*.

последёйствие / after-effect // Nachwirkung f : магнитное последёйствие (магнитная вязкость) — задержка во времени изменения магнитных характеристик ферромагнетиков (намагниченности, магнитной проницаемости) от изменений внешнего магнитного поля; механическое последёйствие — изменение деформации тела при неизменных механических напряжениях.

последний 1) last // der letzte: при перечислении — тот, который находится в самом конце списка; 2) the latest, new // der neueste: новейший; 3) latter // der letztgenannte: последний из двух названных.

последняя теорéма Ферма́ / Fermat's last theorem // Fermatscher letzter Satz, Fermatsche Vermutung: то же, что *великая теорема Ферма*.

последовательно / in turn, in succession // der Reihe nach: по-очереди, одно за другим.

последовательное соединéние / series connection // Serienschaltung f , Reihenschaltung f , Hintereinanderschaltung f : соединение двухполюсных элементов электрической цепи, при котором выходной полюс первого элемента соединяется с входным полюсом второго элемента, выходной полюс второго элемента — с входным полюсом третьего элемента, и т.д. При последовательном соединении n элементов ток проходит последовательно через все элементы, при этом складываются *сопротивления* отдельных элементов: $R = R_1 + \dots + R_n$.

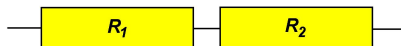


Рис. 137: Последовательное соединение резисторов

последовательность / sequence // Folge f , Sequenz f : в математике:

1) конечная последовательность — конечное *множество* M , элементы которого поставлены во *взаимно однозначное соответствие* с натуральными

числами $1, 2, \dots, n$, где n — количество элементов множества M . Последовательность с элементами $x_1, x_2, \dots, x_n$ обозначается $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ или $\{x_k\}_1^n$. 2) Бесконечная последовательность — бесконечное множество M , элементы которого поставлены во взаимно однозначное соответствие с натуральными числами $1, 2, \dots, n, \dots$. Последовательность с элементами $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ обозначается $\{x_n\}_1^\infty$ или $\{x_n\}$. Пример: $\{n^2\}$ есть последовательность квадратов натуральных чисел: $1, 4, 9, 16, 25, \dots$. Обычно термин «последовательность» употребляется по отношению к бесконечным последовательностям.

последовательный 1) sequential // sequentiell: «последовательная выборка» / sequential sampling // sequentielle Stichprobennahme; 2) successive // sukzessiv, aufeinanderfolgend: следующий один за другим.

последовательные приближения / successive approximations, step-wise approximation // sukzessive Approximation, schrittweise Näherung: в математике: получаемые одно за другим приближённые значения для искомого корня уравнения (см. *метод половинного деления, метод итераций, метод Ньютона*). Последовательные приближения применяются также при нахождении приближённых решений *интегральных уравнений*. Для линейного интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода $y(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x, \xi) y(\xi) d\xi$ последовательные приближения вычисляются по схеме $y_0(x) = f(x)$, $y_1(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x, \xi) y_0(\xi) d\xi$, ..., $y_{n+1} = f(x) + \lambda \int_a^b K(x, \xi) y_n(\xi) d\xi$. Достаточные условия сходимости последовательности $\{y_n(x)\}$ к точному решению $y(x)$: отрезок $[a, b]$ — конечный, функции $f(x)$ и $K(x, \xi)$ непрерывны, соответственно, на отрезке $[a, b]$ и на квадрате $x \in [a, b]$, $\xi \in [a, b]$, и выполняется неравенство $|\lambda|(b-a)M < 1$, где $M = \max_{a \leq x, \xi \leq b} |K(x, \xi)|$. При этом сходимость $\lim_{n \rightarrow \infty} y_n(x) = y(x)$ имеет место на комплексной плоскости λ в круге $|\lambda| < r$, где $r = \frac{1}{(b-a)M}$, а при действительных λ — в интервале $-r < \lambda < r$. Метод последовательных приближений применяется также к интегральным уравнениям Вольтерра.

последующий / next, following, consequent, subsequent, successive // folgend, nachfolgend: следующий за рассматриваемым, например, последующий член *арифметической прогрессии* — это член $x_{n+1} = x_n + d$, следующий за x_n .

поставка / delivery, supply, supplying // Lieferung f : доставка (товара); снабжение заказчика (товаром).

поставщик / supplier, provider // Lieferant f : фирма, организация, производитель, поставляющие заказчику товар.

постановка задачи / statement of a problem // Problemstellung f : формулировка задания, т.е. перечисление данных, которые считаются известными, и постановка вопроса о нахождении неизвестных величин.

постепенный / gradual, step-by-step, progressive // allmählich, stufen-

weise: «при приближении кометы к Солнцу наблюдается постепенное увеличение её хвоста» / when a comet is approaching the Sun, its tail is seen to be gradually increasing // wenn ein Komet sich zur Sonne nähert, kann man eine stufenweise Vergrößerung seines Schwanzes beobachten.

посторóнный / outside, extraneous, strange, foreign // fremd, nebensächlich: не относящийся к данному вопросу; чужой; второстепенный. «Посторонний корень» / extraneous root // fremde Wurzel: корень преобразованного уравнения, не удовлетворяющий исходному уравнению. Пример: для того, чтобы решить (в области действительных чисел) уравнение $2 - x = \sqrt{x}$, возведём обе его части в квадрат, перенесём x из правой части в левую и получим $x^2 - 5x + 4 = 0$. Корни нового уравнения 1 и 4, при этом 4 — посторонний корень для исходного уравнения.

постоя́нная / constant // Konstante f : величина, не меняющая своё значение, константа.

постоя́нная Авога́дро, N_A / Avogadro constant // Avogadro-Konstante f : число частиц (атомов, молекул), содержащихся в 1 моле вещества (см. *число Авогадро*).

постоя́нная Бо́льцмана, k / Boltzmann constant // Boltzmann-Konstante f : одна из фундаментальных физических констант, равная отношению универсальной *газовой постоянной* R к *постоянной Авогадро* N_A : $k = R/N_A = 1,38066 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Постоянная Больцмана входит в ряд важнейших соотношений физики: в уравнение состояния *идеального газа*, в выражение для средней энергии теплового движения частиц, в *распределение Максвелла* молекул по скоростям, связывает *энтропию* физической системы с её *термодинамической вероятностью*. Названа в честь австрийского физика Л. Больцмана (Ludwig Boltzmann, 1844–1906).

постоя́нная Пла́нка, квант действия, h / Planck constant // Planck-Konstante f : фундаментальная физическая *константа*, определяющая широкий круг физических явлений, для которых существенна дискретность величин с размерностью *действия* (квантовых явлений, см. *квантовая механика*). Постоянная Планка входит в *соотношения неопределённостей*, устанавливающие границы применимости классического описания явлений. Введена немецким физиком М. Планком в 1900 г. при установлении закона распределения энергии в спектре излучения *абсолютно черного тела*. Наиболее точное значение постоянной Планка получено на основе эффекта Джозефсона: $h = 6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. В теоретической физике чаще используется величина $\hbar = h/(2\pi) = 1,0545887 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, также называемая постоянной Планка.

постоя́нная распада, λ / decay constant, disintegration constant // Zerfallskonstante f : величина, обратная среднему *времени жизни* τ нестабильных (радиоактивных) атомных ядер и элементарных частиц: $\lambda = 1/\tau$.

постоянная Ридберга, R / Rydberg constant // Rydberg-Konstante f : фундаментальная физическая константа, входящая в выражения для уровней энергии и частот излучения атомов.

постоянная тяготения, G , гравитационная постоянная / gravitation constant // Gravitationskonstante f : фундаментальная физическая константа, входящая в закон всемирного тяготения: $F = Gm_1m_2/r^2$, где m_1 и m_2 — массы притягивающихся тел (материальных точек), r — расстояние между ними, F — сила притяжения, $G = 6,6720 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

постоянная Фарадея, F / Faraday constant // Faraday-Konstante f : фундаментальная физическая константа, равная произведению *постоянной Авогадро* N_A на *элементарный электрический заряд* e : $F = N_A \cdot e = 96484,56$ Кл/моль. Названа в честь английского ученого М. Фарадея.

постоянная Хаббла, H / Hubble constant // Hubble-Konstante f , Hubblesche Konstante: коэффициент пропорциональности между скоростями v удаления внегалактических объектов, вызванного космологическим расширением (см. *космология*) видимой Вселенной, и расстояниями r до них: $v = Hr$. Названа по имени американского астронома Э. Хаббла (Edwin Hubble, 1889–1953). Практическое определение постоянной Хаббла связано с большими трудностями, так как требует измерения расстояний до галактик, не опирающегося на явление *красного смещения*. Значение $1/H \approx (10 - 20)$ млрд. лет определяет время, истекшее с начала расширения Метагалактики при условии постоянной скорости расширения.

постоянная Эйлера / Euler's constant, Mascheroni's constant // Eulersche Konstante, Euler-Mascheronische Konstante: введенное Л. Эйлером число

$$C = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} - \ln n \right) = 0,57721\,56649\dots$$

Постоянная Эйлера встречается во многих формулах. Является ли она *рациональным числом*, неизвестно (2011). Константа введена Эйлером в 1735 г., который предложил для неё обозначение C . Итальянский математик Лоренцо Маскерони в 1790 г. вычислил 32 знака константы и предложил современное обозначение γ .

постоянные Ламе, параметры Ламе / Lamé constants // Lamésche Konstanten: в теории упругости: величины, связывающие компоненты упругих напряжений в какой-либо точке твёрдого изотропного деформируемого тела с компонентами *тензора деформации* в той же точке: $\sigma_x = 2\mu\varepsilon_{xx} + \lambda(\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz})$, $\tau_{xy} = \mu\varepsilon_{xy}$, где σ и τ — нормальная и касательная составляющие напряжения, ε — компоненты тензора деформации, а коэффициенты λ и μ — постоянные Ламе. Постоянные Ламе зависят от материала и

его температуры; они связаны с модулями упругости и коэффициентом Пуассона ν :

$$\mu = G = \frac{E}{2(1 + \nu)}, \quad \lambda = \frac{E\nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)},$$

где E — модуль продольной упругости (модуль Юнга), G — модуль сдвига.

постоянный ток / direct current (dc) // Gleichstrom *m*: *электрический ток*, не изменяющийся с течением времени ни по силе, ни по направлению. Постоянный ток возникает под действием постоянного *напряжения* (постоянной разности потенциалов) и может существовать лишь в замкнутой цепи. Во всех сечениях неразветвленной цепи сила постоянного тока одинакова. Для постоянного тока справедливы *закон Ома*, устанавливающий зависимость силы тока от напряжения, и *закон Джоуля–Ленца*, определяющий количество теплоты, выделяющейся в проводнике при прохождении тока. Расчет разветвленных цепей постоянного тока производится с помощью *правил Кирхгофа*.

постоянство / constancy // Konstanz *f*, Unveränderlichkeit *f*: неизменность, свойство величины принимать одно и то же значение. «Постоянство знака» / constancy of sign // Vorzeichenkonstanz *f*.

построение / construction // Konstruktion *f*: создание, конструирование. «Задача на построение» / construction problem // Konstruktionsaufgabe /// «Построение с помощью циркуля и линейки» / construction with compass and ruler // Konstruktion mit Zirkel und Lineal.

постулат: то же, что *аксиома*.

поступательное движение / translation, translational movement // Translation *f*, Parallelverschiebung *f*: в физике — движение *твёрдого тела*, при котором прямая, соединяющая две произвольные точки тела, перемещается в пространстве, оставаясь параллельной своему первоначальному направлению. При поступательном движении все точки тела описывают одинаковые траектории и имеют в каждый момент одинаковые по величине и направлению скорости и ускорения. Поэтому при описании поступательного движения твёрдого тела достаточно рассматривать движение какой-либо одной его точки.

потенциал 1 / potential // Potential *n*: в математике: а) Потенциал *векторного поля* $\vec{A}(x, y, z)$ — скалярная функция $U(x, y, z)$ такая, что её *градиент* равен вектору $\vec{A}$: $\vec{A} = \text{grad } U$; векторное поле называется *потенциальным*, если существует потенциал этого поля. Условие потенциальности поля $\vec{A}$: $\text{rot } \vec{A} \equiv \vec{0}$. Потенциал заданного векторного поля можно находить при помощи *криволинейного интеграла* 2-го рода.

Примечание: В физике потенциал принято вводить с обратным знаком, см. *потенциал 2*.

б) Векторный потенциал векторного поля $\vec{W}(x, y, z)$ — вектор $\vec{\psi}(x, y, z)$ такой, что $\text{rot } \vec{\psi} \equiv \vec{W}$; векторное поле называется соленоидальным, если существует векторный потенциал этого поля. Условие соленоидальности векторного поля $\vec{W}$: $\text{div } \vec{W} \equiv 0$. Всякое (гладкое) векторное поле можно представить в виде суммы двух слагаемых, одно из которых потенциально, а другое соленоидально.

потенциал 2 / potential // Potential n : в физике: потенциал силового поля — скалярная величина $\varphi(x, y, z)$, такая что $\text{grad } \varphi = -\vec{E}$, где $\vec{E}$ — *напряжённость* поля, т.е. сила, действующая в случае *электрического поля* на единичный заряд, а в случае *гравитационного поля* — на единичную массу. Потенциал определен неоднозначно, так как добавление постоянного слагаемого к функции $\varphi(x, y, z)$ не изменяет её градиента. Потенциал силового поля можно ввести также как *потенциальную энергию*, отнесенную к единице заряда в случае электрического поля и к единице массы в случае гравитационного поля.

потенциальная сила / potential force // Potentialkraft f : сила, *работа* которой при перемещении материальной точки, к которой приложена сила, зависит только от начального и конечного положений точки, и не зависит ни от вида траектории, ни от закона движения по траектории. В случае системы материальных точек силы их взаимодействия потенциальны, если суммарная работа этих сил при изменении конфигурации системы не зависит от способа изменения конфигурации (т.е. траекторий точек, последовательности и закона их перемещения), а только от начальной и конечной конфигураций. Силы гравитационного взаимодействия тел, силы электростатического взаимодействия заряженных тел являются потенциальными.

потенциальная энергия / potential energy // potentielle Energie: часть полной механической энергии физической системы, зависящая от взаимного расположения материальных точек, составляющих эту систему, и от их положений во внешнем силовом поле (например, в гравитационном поле). Потенциальная энергия системы в данном её положении (в данной конфигурации) равна полной работе, которую совершили бы действующие на частицы системы силы при (мысленном) перемещении системы из данного положения в то, где потенциальная энергия условно принята равной нулю. Понятие потенциальной энергии имеет смысл только для полей *потенциальных сил*, работа которых зависит лишь от начального и конечного положений частиц, образующих систему, и не зависит от того, каким образом система переходит из начального положения в конечное.

потенциальная яма / potential well // Potentialtopf m : ограниченная

область пространства, в которой *потенциальная энергия* частицы меньше, чем вне этой области; в частности, локальный минимум потенциальной энергии материальной точки или квантовой системы. Термин «потенциальная яма» происходит от вида графика зависимости потенциальной энергии частицы в силовом поле от её положения в пространстве (в одномерном случае — от координаты). Форма потенциальной ямы и её размеры определяются физической природой взаимодействия частиц. Понятие потенциальной ямы широко применяется в классической механике, в атомной и молекулярной физике, в физике твердого тела и физике атомного ядра.

В *классической механике* положение частицы на «дне» потенциальной ямы соответствует устойчивому равновесию. Если сообщённая частице энергия меньше, чем высота «берегов» потенциальной ямы, то частица остается «запертой» в потенциальной яме, совершая периодическое движение между точками поворота, в которых полная энергия сравнивается с потенциальной (кинетическая обращается в нуль).

В *квантовой механике*, в отличие от классической, энергия частицы, находящейся в связанном состоянии в потенциальной яме, может принимать лишь определенные дискретные значения (*уровни энергии*). Наинизший (основной) энергетический уровень лежит выше дна потенциальной ямы — это так называемая *нулевая энергия* (энергия нулевых колебаний). Квантовая частица, находящаяся в потенциальной яме со «стенками» конечной толщины (вблизи локального минимума потенциальной энергии), может покинуть потенциальную яму за счет *туннельного эффекта* даже тогда, когда её энергия меньше высоты *потенциального барьера*.

потенциальный барьер / potential barrier // Potentialwall m , Potentialbarriere f : ограниченная в пространстве область высокой *потенциальной энергии* частицы в силовом поле, по обе стороны которой потенциальная энергия спадает; в частности, локальный максимум потенциальной энергии. Потенциальный барьер соответствует силам отталкивания. В *классической механике* прохождение частицы через потенциальный барьер возможно лишь в том случае, если её полная энергия превышает высоту барьера. В противном случае приближающаяся к барьеру частица «отражается», т.е. останавливается в точке поворота, где потенциальная энергия сравнивается с полной (кинетическая обращается в нуль), а затем начинает движение назад.

В *квантовой механике*, в отличие от классической, возможно с некоторой вероятностью прохождение сквозь потенциальный барьер частицы с энергией, меньшей высоты барьера (это явление называется *туннельным эффектом*), и отражение от потенциального барьера частицы с энергией, большей высоты барьера (надбарьерное отражение). Такие особенности поведения в квантовой физике связаны с корпускулярно-волновой природой микрообъектов,

см. *корпускулярно-волновой дуализм*.

потенциальный ящик / potential box // Kastenpotential n : прямоугольная потенциальная яма с вертикальными стенками.

потенцировать / exponentiate, raise to a power // potenzieren, in eine Potenz erheben: выполнять операцию, обратную к логарифмированию, возводить в степень. Потенцировать числовую величину x означает вычислять e^x ; потенцировать равенство $f(x) = g(x)$ означает перейти к равенству $e^{f(x)} = e^{g(x)}$. Иногда под потенцированием понимают вычисление a^x , $a \neq e$.

поток 1 / flux // Fluss m : в математике: поток вектора через поверхность — см. *теорема Гаусса–Остроградского*.

поток 2 / flow, stream, flux / Fluss m : в физике: поток жидкости — отношение массы жидкости, прошедшей через какую-либо поверхность за некоторый промежуток времени, к величине этого промежутка; см. также *магнитный поток*; *поток излучения*.

поток излучения, лучистый поток / radiant flux // Strahlungsfluss m : средняя мощность излучения за время, значительно превышающее период электромагнитных колебаний. Поток излучения равен количеству энергии, переносимой электромагнитными волнами через какую-либо поверхность за единицу времени. Поток излучения измеряют по его действию на неселективный приёмник излучения (регистрирующий излучение всех длин волн), например, по тепловому действию при поглощении лучистой энергии приёмником в виде *абсолютно черного тела*.

поточечная сходимость / pointwise convergence // punktweise Konvergenz: в математике: поточечная сходимость *функционального ряда* — сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ в каждой точке x области D определения членов ряда. Поточечная сходимость последовательности функций $f_1(x), f_2(x), \dots$ — существование конечного предела $f(x)$ значений функций в каждой точке области D определения функций: $\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x) = f(x), x \in D$.

Примечание. Если члены ряда непрерывны на интервале (a, b) , а ряд сходится на (a, b) поточечно, то сумма ряда может оказаться не непрерывной на этом интервале. Аналогично обстоит дело и с поточечной сходимостью последовательностей. См. *равномерная сходимость*.

похожий / similar, like, resembling // ähnlich, gleichartig: сходный, подобный, напоминающий.

по часовóй стрёлке / clockwise // im Uhrzeigersinn: движение по дуге (окружности) в том же направлении, в котором движется стрелка часов. Это направление считается в математике отрицательным. См. также *против часовой стрелки*.

почлénно / termwise, term by term // gliedweise: в математике: почленное

сложение *рядов* $a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ и $b_1 + b_2 + b_3 + \dots$ означает образование нового ряда: $(a_1 + b_1) + (a_2 + b_2) + (a_3 + b_3) + \dots$. Почленное умножение ряда $a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ на число γ означает образование нового ряда: $\gamma a_1 + \gamma a_2 + \gamma a_3 + \dots$. Если исходные ряды сходятся, то новые также сходятся. Почленное дифференцирование *функционального ряда* $S(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ (1) означает образование нового ряда, состоящего из производных от членов исходного ряда: $\sum_{n=1}^{\infty} f'_n(x)$ (2). Если каждый член исходного ряда (1) имеет непрерывную производную на интервале $I = (a, b)$, ряд (1) сходится на интервале I , а ряд (2) сходится *равномерно* на интервале I , то в этом интервале производная от функции $S(x)$ существует и равна сумме ряда (2): $S'(x) = \sum_{n=1}^{\infty} f'_n(x)$. Если члены ряда (1) — непрерывные функции на отрезке $J = [a, b]$, а ряд сходится на J равномерно, то этот ряд допускает почленное интегрирование:

$$\int_a^x d\xi \sum_{n=1}^{\infty} f_n(\xi) = \sum_{n=1}^{\infty} \int_a^x f_n(\xi) d\xi, \quad x \in [a, b], \quad (3)$$

причем проинтегрированный ряд (3) сходится равномерно.

Всякий *степенной ряд* $\sum_{n=0}^{\infty} c_n(x-a)^n$, сходящийся на интервале $a-r < x < a+r$ (при *комплексном* x — в круге $|x-a| < r$), можно почленно дифференцировать и почленно интегрировать, при этом интервал (круг) сходимости сохраняется.

почти́ всю́ду / almost everywhere [сокр: а.е.] // fast überall: в математике фраза «утверждение A истинно почти всюду (или почти везде) на *множестве* M » означает, что подмножество, на котором утверждение A ложно, имеет *меру* нуль. Например, функция $[x]$ (целая часть x) почти всюду на оси Ox имеет *производную*, и эта производная почти всюду равна нулю.

почти́ периодическая фۇнкция / almost-periodic function // fast-periodische Funktion: обобщение понятия *периодической функции*. Функция $f(x)$ называется почти периодической, если

$$f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n a_k e^{i\lambda_k x}, \quad (*)$$

где $x \in (-\infty, +\infty)$, λ_k — *вещественные числа*, a_k — *комплексные коэффициенты*; предел понимается в смысле сходимости в каком-нибудь *нормированном пространстве*. Вещественное число τ называется ϵ -почти периодом функции $f(x)$, если для всех x выполняется неравенство $|f(x+\tau) - f(x)| < \epsilon$. Если $\lambda_k = kb$ и a_k достаточно быстро стремятся к нулю при $k \rightarrow \infty$, то ряд (*) — сходящийся *ряд Фурье* периодической функции $f(x)$ с периодом $2\pi/b$.

поэлементно / element-wise, element by element // elementweise: в математике: для каждого элемента (матрицы, множества). Например, умножение матрицы на число выполняется поэлементно: $(\gamma A)_{ik} = \gamma(A)_{ik}$.

появлéние / appearance // Erscheinung *f*, Entstehen *n*: возникновение, рождение (частиц), приход (сигналов).

пóяс / zone // Zone *f*: в географии: зона, область, район, обладающий каким-либо свойством, например, *часовой пояс*.

пояснéние / explanation, elucidation, clarification // Erklärung *f*, Erläuterung *f*: вспомогательный текст, добавляемый (устно или письменно) с целью уточнения смысла какого-либо термина или предложения в основном тексте.

пра́вая систе́ма координáт / right-handed coordinate system // rechtshändiges Koordinatensystem: а) на плоскости: *декартова система координат* называется правой (левой) системой, если поворот от оси абсцисс к оси ординат, совершаемый по наименьшему углу, происходит в направлении против часовой стрелки (по часовой стрелке); б) в трёхмерном пространстве: декартова система координат, *орты* которой образуют *правую тройку векторов*, называется правой системой; если орты образуют левую тройку векторов, то система координат называется левой системой.

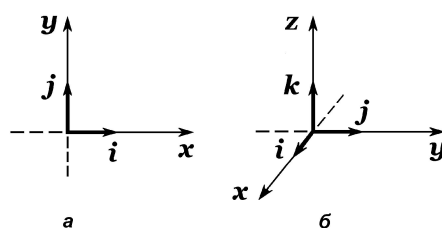


Рис. 138: Правая система координат: а - на плоскости, б - в пространстве

пра́вая тро́йка векторóв / right-handed trihedral (of vectors) // rechtstándiges Dreibein: в геометрии: три *некомпланарных вектора* $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ трёхмерного пространства, имеющие общее начало, образуют правую (левую) тройку, если вращение вектора $\vec{A}$ по кратчайшему пути в сторону вектора $\vec{B}$ видно из конца вектора $\vec{C}$ как происходящее против часовой стрелки (по часовой стрелке).

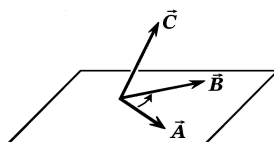


Рис. 139: Правая тройка векторов

Три пальца правой (левой) руки — большой, указательный и средний, рассматриваемые как векторы, образуют правую (левую) тройку. Если

тройка $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ правая, то тройки $\vec{B}, \vec{C}, \vec{A}$ и $\vec{C}, \vec{A}, \vec{B}$ также правые, а тройки $\vec{A}, \vec{B}, -\vec{C}$, $\vec{B}, \vec{A}, \vec{C}$, $\vec{A}, \vec{C}, \vec{B}$, $\vec{C}, \vec{B}, \vec{A}$ — левые.

пра́вая сторона́ / right side // rechte Seite: сторона какого-либо объекта, расположенная справа от середины этого объекта.

пра́вая часть уравне́ния / right-hand side [or: right side, or: second member] of an equation // rechte Seite [oder: zweites Glied] der Gleichung: в уравнении $A = B$ выражение B . См. также *левая часть уравнения*.

пра́вда / truth // Wahrheit *f*: истина.

правдоподобный / probable, likely, plausible // wahrscheinlich: кажущийся верным, вероятный, похожий на истину. «Ваше предположение выглядит весьма правдоподобным» / your hypothesis looks very plausible // Ihre Vermutung sieht sehr wahrscheinlich aus.

пра́вила Кирхго́фа / Kirchhoff rules // Kirchhoffsche Regeln: правила, устанавливающие соотношения для токов и напряжений в разветвленных электрических цепях *квазистационарного тока*. Сформулированы в 1847 г. немецким физиком Г. *Кирхгофом*. Первое правило выражает закон сохранения заряда и состоит в том, что алгебраическая сумма токов I_k , сходящихся в точке разветвления проводников, равна нулю: $\sum I_k = 0$ (токи, притекающие к узлу, считаются положительными, вытекающие из него — отрицательными). Второе правило получается в результате применения *закона Ома* к отдельным участкам цепи и утверждает, что в любом замкнутом контуре, выделенном в разветвленной цепи проводников, алгебраическая сумма падений напряжений $I_k R_k$ на отдельных участках контура (R_k — сопротивление k -го участка) равна алгебраической сумме *эдс* E_k в этом контуре: $\sum I_k R_k = \sum E_k$. При этом токи в отдельных участках следует считать положительными, если их направления совпадают с направлением обхода контура, а *эдс* — если соответствующий источник повышает потенциал в направлении этого обхода, и отрицательными в противном случае. Правила Кирхгофа позволяют рассчитывать сложные электрические цепи, в частности определять силу и направление тока в любой части цепи, если известны сопротивления и *эдс* всех его участков.

пра́вило / rule, principle, law // Regel *f*, Prinzip *n*, Grundsatz *m*, Gesetz *n*: в математике и физике: способ, по которому следует выполнить какое-либо действие, чтобы получить правильный результат.

пра́вило бура́вчика, правило правого винта / Maxwell rule, right-hand screw rule // Rechtsschraubenregel *f*, Uhrzeigerregel *f*, Korkenzieherregel *f*: говорят, что направление обхода контура и направление проходящей сквозь контур оси l (т.е. прямой, на которой задано направление) связаны правилом буравчика, если при вращении рукоятки буравчика с правой резьбой в направлении обхода контура ось буравчика перемещается в направлении оси l .

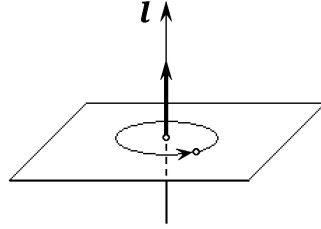


Рис. 140: Правило буравчика

правило Гурвица, критерий Рауса-Гурвица / Hurwitz rule, Hurwitz criterion // Hurwitzsches Kriterium: необходимое и достаточное условие того, чтобы все корни *алгебраического уравнения* $a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0$ с *вещественными* коэффициентами и $a_0 > 0$ лежали внутри левой полуплоскости *комплексной плоскости* z , т.е. $\operatorname{Re} z_k < 0$ для каждого корня z_k . Из коэффициентов составляют *матрицу* Гурвица H , i -я строка которой имеет вид $a_{2-i}, a_{4-i}, \dots, a_{2n-i}$, причём $a_k = 0$ если $k < 0$ или $k > n$; условие Гурвица состоит в том, что все *главные миноры* матрицы Гурвица должны быть положительными. Критерий Гурвица находит применение в теории устойчивости колебательных систем.

правило Крэмера / Cramer rule // Cramersche Regel: правило вычисления решения *системы линейных алгебраических уравнений* в случае, когда число уравнений p совпадает с числом неизвестных n и *определитель* матрицы коэффициентов системы отличен от нуля, $\det A \neq 0$. Неизвестные x_k ($k = 1, \dots, n$) находятся по формуле

$$x_k = \frac{\Delta_k}{\Delta}, \quad \Delta = \det A, \quad \Delta_k = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1,k-1} & b_1 & a_{1,k+1} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{n,k-1} & b_n & a_{n,k+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix},$$

т.е. Δ_k получается из определителя $\det A$ заменой его k -го столбца $\begin{pmatrix} a_{1k} \\ \dots \\ a_{nk} \end{pmatrix}$ на столбец $\begin{pmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}$ правых частей.

правило левой руки / left-hand rule // Linke-Hand-Regel f : правило для определения направления силы, действующей на находящийся в магнитном поле проводник с током: если расположить левую ладонь так, чтобы вытянутые пальцы совпадали с направлением тока, а силовые линии магнитного поля входили в ладонь, то отставленный в сторону большой палец укажет направление силы, действующей на проводник. См. также *правило правой руки*.

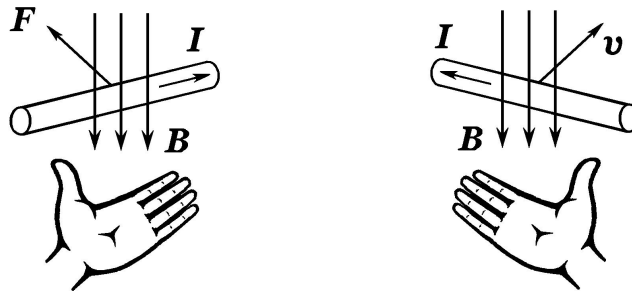


Рис. 141: Правило левой руки, правило правой руки

правило Лэнца / Lenz rule // Lenzsche Regel: вытекающее из *закона сохранения* энергии правило, определяющее направление индукционных токов, возникающих в результате *электромагнитной индукции*: индукционный ток в контуре направлен так, что создаваемый им *магнитный поток* через поверхность, ограниченную контуром, стремится препятствовать тому изменению потока, которое вызвало появление индукционного тока.

правило Лопитáля / l'Hospital rule // l'Hospitalsche Regel: способ вычисления *предела* отношения двух функций в случае, когда функции стремятся обе к нулю или обе к бесконечности. Пусть функции $f(x)$ и $g(x)$ непрерывны и дифференцируемы в правой полуокрестности точки a (т.е. при $x \in (a, a + \epsilon)$), причём $g'(x) \neq 0$, и $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lim_{x \rightarrow a} g(x) = 0$ или $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lim_{x \rightarrow a} g(x) = \infty$. Если при $x \rightarrow a$ существует предел (конечный или бесконечный) отношения производных этих функций, то отношение функций имеет такой же предел:

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}.$$

Утверждение остается справедливым и для левой полуокрестности ($a - \epsilon, a$) точки a , а также в случае, когда $x = \infty$.

правило правой руки / right-hand rule // Rechte-Hand-Regel f : правило для определения направления индукционного тока в проводнике, движущемся в магнитном поле: если расположить правую ладонь так, чтобы отставленный в сторону большой палец показывал направление движения проводника, а силовые линии магнитного поля входили в ладонь, то направление индукционного тока совпадет с направлением вытянутых пальцев. Правило правой руки можно рассматривать как следствие *правила Лэнца*. См. также *правило левой руки*.

правильно 1) right, correct // richtig, korrekt: верно, истинно (о каком-либо утверждении); 2) regularly // regelmäÙig: регулярно, симметрично, в каком-то определённом порядке (не хаотично).

пра́вильный / right, correct, true // richtig, korrekt, wahr: истинный, верный (о результате, утверждении), например, «правильный ответ» / right [or: correct] answer // richtige Antwort, richtiges Ergebnis.

пра́вильный многогра́нник / regular polyhedral // regelmäßiges Polyeder, platonischer Körper: выпуклый *многогранник*, у которого все грани — равные *правильные многоугольники*, и все *многогранные углы* при вершинах равны. Существует всего пять правильных многогранников: *тетраэдр*, *куб*, *октаэдр*, *додекаэдр* и *икосаэдр*.

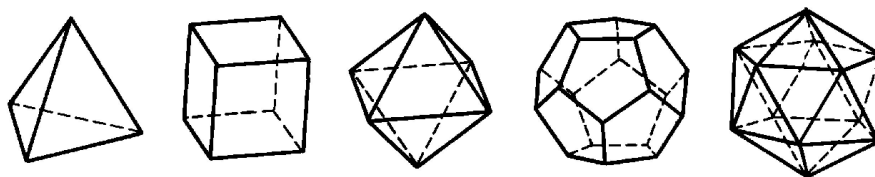


Рис. 142: Правильные многогранники

пра́вильный многоуго́льник / regular polygon // regelmäßiges Vieleck, reguläres Polygon: *многоугольник*, у которого все углы равны и все стороны равны.

правосто́ронний / right-hand // rechtsseitig: правосторонний предел — то же, что *предел справа*.

пра́вый / right // recht: находящийся справа от чего-либо.

превраща́ться / turn into, change into // sich verwandeln: «в пределе при $n \rightarrow \infty$ интегральная сумма $\sum_{k=1}^n f(\xi_k) \Delta x_k$ превращается в определённый интеграл $\int_a^b f(x) dx$ ».

прегра́да / barrier, obstacle // Hindernis n , Schranke f : препятствие, барьер, затрудняющие движение в определённом направлении.

предвёстник / precursor, forerunner // Vorbote m : в физике: при распространении *волн* в неоднородных средах с *дисперсией* возможны случаи, когда какая-нибудь волна распространяется с бо́льшей скоростью, чем основная группа волн, и приходит в точку наблюдения раньше, чем основная группа. Такая волна называется предвестником. При *землетрясениях* предвестники обычно имеют характер слабых колебаний почвы, предвещающих скорый приход основных (иногда разрушительных) толчков.

предги́льбертово простран́ство / pre-Hilbert space // Prähilbertraum m : *векторное пространство со скалярным произведением*, не обладающее *полнотой*. Если пополнить предгильбертово пространство, присоединив к нему пределы всех фундаментальных последовательностей, то получается *гильбертово пространство*. Например, пространство $L_0^2[a, b]$ непрерывных (комплекснозначных) функций на отрезке $[a, b]$ со скалярным произведением

(f, g) , заданным *интегралом Римана* $(f(x), g(x)) = \int_a^b f(x) \overline{g(x)} dx$, предгильбертово. Соответствующее ему гильбертово пространство состоит из измеримых функций, имеющих интегрируемый (по Лебегу) квадрат модуля.

предел / limit // Grenzwert m , Limes m : одно из основных понятий математики.

1) Число a называется пределом *последовательности* $\{x_n\}_1^\infty$, если для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое натуральное число N , что при всех $n > N$ выполняется неравенство $|x_n - a| < \epsilon$. Это означает, что члены последовательности при возрастании их номера приближаются к числу a . Обозначение: $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a$ или $x_n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} a$. Пример: $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$.

2) Пусть a — *предельная точка* области определения D функции $f(x)$. Число b называется пределом функции $f(x)$ при $x \rightarrow a$ (или: в точке a), если для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое число $\delta > 0$, что при всех $x \in D$, удовлетворяющих неравенству $0 < |x - a| < \delta$, выполняется неравенство $|f(x) - b| < \epsilon$. Это означает, что значения функции при приближении x к a приближаются к числу b . Обозначение: $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b$ или $f(x) \xrightarrow{x \rightarrow a} b$. Пример: $\lim_{x \rightarrow 0} \sin x = 0$.

3) Для функций двух и более переменных понятие предела вводится аналогично: пусть (a, b) — предельная точка области определения D функции $f(x, y)$. Число A называется пределом функции $f(x, y)$ при $(x, y) \rightarrow (a, b)$, если для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое число $\delta > 0$, что при всех $(x, y) \in D$, удовлетворяющих неравенству $0 < |x - a| + |y - b| < \delta$, выполняется неравенство $|f(x, y) - A| < \epsilon$. Это означает, что значения функции при приближении точки (x, y) к (a, b) приближаются к числу A . Обозначение:

$$\lim_{(x,y) \rightarrow (a,b)} f(x, y) = A \quad \text{или} \quad f(x, y) \xrightarrow{(x,y) \rightarrow (a,b)} A.$$

4) Предел функции на бесконечности. Пусть функция $f(x)$ определена на полуоси $D = (a, +\infty)$. Число b называется пределом функции при $x \rightarrow +\infty$, если для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое число $\Delta > 0$, что при всех $x \in D$, удовлетворяющих неравенству $x > \Delta$, выполняется неравенство $|f(x) - b| < \epsilon$. Это означает, что при неограниченном увеличении x , значения функции приближаются к числу b . Обозначение: $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = b$ или $f(x) \xrightarrow{x \rightarrow +\infty} b$. Пример: $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} = 0$. Аналогично определяется предел функции при $x \rightarrow -\infty$.

5) Бесконечный предел. Пусть a — *предельная точка* области определения D функции $f(x)$. Говорят, что функция $f(x)$ имеет предел ∞ (или: функция стремится к бесконечности) при $x \rightarrow a$, если для любого числа $E > 0$ существует такое число $\delta > 0$, что при всех $x \in D$, удовлетворяющих

неравенству $0 < |x - a| < \delta$, выполняется неравенство $|f(x)| > E$. Это означает, что значения функции при приближении x к a неограниченно возрастают. Обозначение: $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \infty$, или $f(x) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \infty$. Пример: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x} = \infty$.

предел прочности / ultimate strength, ultimate stress // Bruchfestigkeit f : напряжения или деформации, соответствующие максимально возможному (до разрушения) значению нагрузки. В некоторых случаях, когда в конструкции недопустимо возникновение пластических деформаций, предел прочности определяется через условия пластичности (см. *предел текучести*).

предел текучести / yield point, yield stress // Fließgrenze f : в сопротивлении материалов — напряжение, при котором начинает развиваться *пластическая деформация*.

предел слева / limit from the left, left-side limit // linksseitiger Grenzwert, linksseitiger Limes: пусть a — *предельная точка* области определения $D \subseteq \mathbf{R}$ функции $f(x)$, причём левее точки a имеется бесконечно много точек $x \in D$. Число b называется пределом слева (или левосторонним пределом) функции $f(x)$ при $x \rightarrow a - 0$, если для любого числа $\epsilon > 0$ существует такое число $\delta > 0$, что при всех $x \in D$, удовлетворяющих неравенству $a - \delta < x < a$, выполняется неравенство $|f(x) - b| < \epsilon$. Это означает, что когда точка x приближается слева к a , значения функции приближаются к числу b . Обозначение: $\lim_{x \rightarrow a-0} f(x) = b$ или $f(x) \xrightarrow{x \rightarrow a-0} b$. В случае, когда $a = 0$, вместо $x \rightarrow 0 - 0$ пишут обычно $x \rightarrow -0$.

предел справа / limit from the right, right-side limit // rechtsseitiger Grenzwert, rechtsseitiger Limes: предел справа (или правосторонний предел) $\lim_{x \rightarrow a+0} f(x)$ определяется аналогично *пределу слева*, при этом неравенство $0 < a - x < \delta$ следует заменить на $0 < x - a < \delta$. Пример: $\lim_{x \rightarrow -0} e^{\frac{1}{x}} = 0$, $\lim_{x \rightarrow +0} e^{\frac{1}{x}} = \infty$.

пределы интегрирования / limits of integration // Grenzen des Integrals: см. *определённый интеграл*. «Нижний и верхний пределы интегрирования» / lower and upper limits of integration // untere und obere Grenzen des Integrals. «Интеграл от функции $f(x)$ по x в пределах от a до b » / the integral of the function $f(x)$ with respect to x , in the limits from a to b // das Integral der Funktion $f(x)$ nach x in den Grenzen von a bis b .

предельная задача: то же, что *краевая задача*.

предельная теорема / limit theorem // Grenzwertsatz m : предельные теоремы в *теории вероятностей* — теоремы о вероятностях событий при большом числе испытаний или большом числе взаимодействующих случайных факторов. См. *теорема Бернулли* и *теорема Лапласа*.

предельная точка, точка сгущения / limit point // Häufungspunkt m : предельная точка множества M точек топологического пространства X (в частности, банахова, гильбертова, евклидова пространства) — точка x пространства X , в любой окрестности которой содержится по крайней мере одна точка множества M , отличная от точки x . Предельная точка множества может принадлежать или не принадлежать множеству. В любой окрестности предельной точки бесконечного множества имеется бесконечно много точек этого множества. Множество, содержащее все свои предельные точки, называется замкнутым множеством. Например, на плоскости Oxy множество точек, для которых $x^2 + y^2 < 1$, не замкнутое, а множество $x^2 + y^2 \leq 1$ — замкнутое.

предельное условие: то же, что *краевое условие*.

предельный переход / passage to the limit // Grenzübergang m : в математике: переход к пределу — операция, сопоставляющая последовательности или функции её предел.

предельный цикл / limit cycle // Grenzzyklus m : в теории обыкновенных дифференциальных уравнений: замкнутая траектория в фазовом пространстве автономной системы такая, что она является предельным множеством хотя бы для одной другой траектории. Предельное множество траектории $\vec{x} = \vec{x}(t)$ состоит из т.н. предельных точек; точка $\vec{x}_0$ называется предельной точкой траектории, если для некоторой последовательности $t_1, t_2, \dots$ значений t имеет место $\vec{x}_0 = \lim \vec{x}(t_k)$ при $t_k \rightarrow +\infty$ или при $t_k \rightarrow -\infty$. Предельным циклам соответствуют периодические движения системы. Предельный цикл называется устойчивым, если для любого числа $\epsilon > 0$ найдется такое число $\delta > 0$, что все траектории, начинающиеся при $t = 0$ в δ -окрестности предельного цикла, не выходят из его ϵ -окрестности при всех $t > 0$.

Для динамических систем с одной степенью свободы, т.е. с двумерным фазовым пространством (фазовой плоскостью) предельными циклами и устойчивыми состояниями равновесия исчерпываются все возможные аттракторы, т.е. объекты, притягивающие к себе соседние траектории на фазовой плоскости. В системах с размерностью фазового пространства более трех возможны более сложные аттракторы.

предикат / predicate, sentential function // Prädikat n , logische Funktion: n -местный предикат — функция $P(x_1, \dots, x_n)$, значениями которой являются высказывания о наборах значений её аргументов $x_1, \dots, x_n$, называемых предметными переменными. При $n = 1$ предикаты называют свойствами, при $n = 2$ — бинарными отношениями.

Для действий с предикатами вводится логико-математический язык, содержащий предметные переменные, функциональные символы и предикатные символы. Из предметных переменных и функциональных символов составляются

т.н. «термы», имеющие смысл имён объектов исследования. Атомарной формулой называется выражение вида $P(t_1, \dots, t_n)$, где $t_1, \dots, t_n$ — термы, P — предикат. Запись $P(t_1, \dots, t_n)$ означает, что истинно высказывание о том, что объекты $t_1, \dots, t_n$ связаны отношением P . Из атомарных формул с помощью связок (операций) и кванторов конструируются формулы языка. Обычный набор связок и кванторов: $\wedge$ или $\&$ — конъюнкция («и»), $\vee$ — дизъюнкция («или»), $\neg$ отрицание («не»), $\supset$ или $\Rightarrow$ — импликация («если..., то...»), $\forall$ — квантор всеобщности («для всех»), $\exists$ — квантор «существует».

Раздел *логики*, где разработан аппарат для действий с высказываниями, содержащими предикаты, называется *логикой предикатов*.

предостережение / warning, caution // Warnung f : сообщение о предстоящей возможной опасности.

предположение / supposition, assumption, hypothesis // Annahme f , Vermutung f : допущение; гипотеза, догадка.

предсказание / prediction, forecast // Voraussage f , Vorhersage f , Prognose f : описание свойств события, которое должно произойти в будущем. Научное предсказание называется «прогноз», например, «прогноз погоды» / weather forecast // Wettervorhersage f , Wetterprognose f .

представление 1) representation // Darstellung f , Ansatz m : в квантовой физике — описание квантового объекта с использованием тех или иных переменных (координатное, импульсное представления, представление взаимодействия); 2) notation // Darstellung f : в математике — вид записи чисел или иных объектов: «Двоичное представление» / binary notation // binäre Darstellung f /// «Представление чисел с (десятичным) порядком» / floating-point notation // Darstellung mit Gleitkomma. 3) performance // Aufführung f : театральное представление.

представление группы / representation of a group // Gruppendarstellung f : в теории *групп* — *гомоморфизм* f данной группы G в группу $\hat{G}$ всех *обратимых* преобразований в некотором пространстве X . Это означает, что всякому элементу $g \in G$ соответствует некоторый элемент $f(g) \in \hat{G}$ — обратимое преобразование $y = f(g)x$, где $x, y \in X$, причём произведению элементов в группе G соответствует произведение в группе $\hat{G}$, понимаемое как последовательное выполнение преобразований в пространстве X : $f(g_2 g_1)x = f(g_2)f(g_1)x$. Обычно рассматриваются линейные представления. Представление f группы G называется линейным, если X — *линейное пространство*, а преобразования $f(g)$ — линейные при всех $g \in G$, т.е. $f(g)(x+y) = f(g)x + f(g)y$, $f(g)\gamma x = \gamma f(g)x$ для любых $x, y \in X$ и любого числа γ . Например, соответствие между группой вращений трёхмерного пространства вокруг неподвижной точки и группой *ортогональных матриц* 3-го порядка с определителем +1 задаёт линейное представление группы

вращений. Если f и $\tilde{f}$ — два линейных представления группы G , и U — такое обратимое преобразование, что $\tilde{f}(g) = U^{-1}f(g)U$ для любого $g \in G$, то эти представления называют эквивалентными.

Рассмотрим линейные представления групп квадратными *матрицами*. Пусть группа G имеет два представления: матрицами A порядка m и матрицами B порядка n , тогда *квазидиагональные матрицы* вида $\text{diag}\{A; B\}$ образуют одно из возможных представлений группы G матрицами порядка $m+n$. Аналогично, если группа G имеет матричные представления $A_1; A_2; \dots; A_s$, то можно образовать её представление f квазидиагональными матрицами вида $\text{diag}\{A_1; A_2; \dots; A_s\}$. Квазидиагональные представления называют приведёнными представлениями. Представления, эквивалентные приведённому представлению f , будут, вообще говоря, неприведёнными. Пусть h — некоторое представление; если среди всех представлений, эквивалентных h , найдётся хотя бы одно приведённое, то представление h называется приводимым, а в противном случае — неприводимым.

предшественник / predecessor // Vorgänger m : говорят, что Иванов — предшественник Петрова в какой-либо деятельности, если Иванов занимался этой деятельностью до Петрова. Например, *Коперник* — предшественник *Ньютона* в астрономии.

предшествовать / precede // vorausgehen: а) быть *предшественником*; б) событие A предшествует событию B , если A происходит раньше, чем B .

предыдущий / previous, preceding // vorherig, vorhergehend: идущий перед рассматриваемым, например, предыдущий член *арифметической прогрессии* — это член $x_n = x_{n+1} - d$, идущий перед x_{n+1} .

преимущество 1) advantage // Vorzug m , Vorteil m : выгодное отличие от других, обусловленное свойствами данного объекта; 2) preference, privilege // Vorrecht n , Privileg n : привилегия, право на предпочтение перед другими.

преломление / refraction // Brechung f , Refraktion f : изменение направления распространения света, радиоволн, звука при переходе через границу раздела двух различных сред; искривление лучей в неоднородной среде.

преломление волн, рефракция волн / wave refraction // Wellenbrechung f , Wellenrefraktion f : изменение направления распространения волны в неоднородной среде, обусловленное зависимостью *фазовой скорости* волны от координат. При преломлении плоской волны на плоской границе раздела двух однородных непоглощающих сред направления распространения падающей и преломленной волн связаны *законом преломления*.

преломление света / refraction of light // Lichtbrechung f , Refraktion des Lichtes: см. *закон преломления*.

пренебрегать / neglect, disregard // vernachlässigen: отбрасывать какой-

либо объект, не обращать на него внимания, считая его несущественным: «пренебрегая малыми слагаемыми, приходим к приближённой формуле» / neglecting the small summands, we get an approximation formula // vernachlässigen wir die kleinen Summenglieder, so bekommen wir eine annähernde Formel.

пренебрежимо малый / negligibly small // vernachlässigbar klein: настолько малый, что им можно *пренебрегать* (пренебречь) в данном вопросе, например, влияние искусственных спутников Земли на движение земного шара пренебрежимо мало.

преобразование 1) transformation // Umformung f , Transformation f : в математике: операция, *оператор*, сопоставляющий одному объекту другой объект. В частности: а) линейное преобразование векторов *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$, заданное $n \times n$ матрицей A : операция, сопоставляющая вектору $\vec{x} \in \mathbf{R}^n$, имеющему координаты $x_1, \dots, x_n$, вектор $\vec{y} \in \mathbf{R}^n$ с координатами $y_1, \dots, y_n$, где $y_k = \sum_{j=1}^n a_{kj}x_j$; обычно эту операцию записывают кратко в виде $\vec{y} = A\vec{x}$. б) Преобразование подобия / similarity transformation, transformation of similitude // Ähnlichkeitstransformation f : см. *подобие*. в) Конформное преобразование — то же, что *конформное отображение*.

В физике и технике: преобразование *сигнала* — изменение параметров сигнала (радиосигнала, светового, акустического), происходящее в результате его прохождения через какие-либо фильтры, усилительные устройства и т.п.

2) transform // Transformierte f : трансформанта, результат *преобразования* (1), образ исходного объекта после выполнения преобразования (1), например, *преобразование Фурье*.

преобразование Лапласа 1) Laplace transformation // Laplace-Transformation f : операция L , сопоставляющая функции $f(t)$, определённой при $t \geq 0$, её образ по Лапласу $\tilde{f}(s) = L[f](s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st}dt$. Функция $f(t)$ называется *прообразом* или *оригиналом* для $\tilde{f}(s)$, функция $\tilde{f}(s)$ — *изображением* функции $f(t)$. Для существования $\tilde{f}(s)$ достаточно, чтобы $f(t)$ при $t \geq 0$ была непрерывной или кусочно-непрерывной функцией и выполнялось неравенство $|f(t)| \leq Ce^{bt}$ с некоторыми постоянными $b \geq 0$ и $C > 0$. Для удобства обычно доопределяют функцию $f(t)$, считая, что $f(t) = 0$ при $t < 0$.

Свойства преобразования Лапласа:

- а) $L[\alpha f(t)] = \alpha L[f(t)]$, $L[f(t) + g(t)] = L[f(t)] + L[g(t)]$ (линейность);
- б) $\frac{d}{ds}L[f(t)](s) = L[-tf(t)](s)$, $\frac{d^2}{ds^2}L[f(t)](s) = L[t^2f(t)](s), \dots$;
- в) $L[f'(t)](s) = sL[f(t)](s) - f(+0)$,

$$L[f''(t)] = s^2 L[f(t)] - sf(+0) - f'(+0), \dots;$$

$$\text{г) } L[e^{at}f(t)](s) = L[f(t)](s-a), \quad L[e^{at}] = \frac{1}{s-a};$$

$$\text{д) } L[(f*g)(t)](s) = L[f(t)](s) \cdot L[g(t)](s), \text{ где } (f*g)(t) = \int_0^t f(\tau)g(t-\tau) d\tau$$

— свёртка функций f и g ;

е) если $f(t)$ непрерывна в точке t , то справедлива формула обращения:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \lim_{R \rightarrow +\infty} \int_{\sigma-iR}^{\sigma+iR} \tilde{f}(s) e^{st} ds, \quad (*)$$

где интегрирование совершается в *комплексной плоскости* s по отрезку прямой $\operatorname{Re} s = \sigma$, $\sigma > b$. Если t_0 — точка скачка функции $f(t)$, то в левой части этой формулы $f(t)$ заменяется на $\frac{1}{2}(f(t_0-0) + f(t_0+0))$. Интеграл в формуле (*) называется интегралом Меллина.

Преобразование Лапласа и связанное с ним *операционное исчисление* применяются, в частности, для решения *дифференциальных уравнений*. Рассмотрим, например, при $t > 0$ задачу Коши $y'' - a^2 y = f(t)$, $y(+0) = 0$, $y'(+0) = y_1$, где $a > 0$ и y_1 — заданные числа, $f(t)$ — заданная функция, $y(t)$ — искомое решение. Применив преобразование Лапласа к обеим частям уравнения, получаем равенство $(s^2 - a^2) \tilde{y}(s) = y_1 + \tilde{f}(s)$, откуда

$$\tilde{y}(s) = \frac{1}{s^2 - a^2} (y_1 + \tilde{f}(s)) = \frac{1}{2a} \left(\frac{1}{s-a} - \frac{1}{s+a} \right) (y_1 + \tilde{f}(s)).$$

По свойству (г), $\frac{1}{s \pm a} = L[e^{\mp at}]$; по свойству (д), $\frac{1}{s \pm a} \cdot \tilde{f}(s) = L[e^{\mp at} * f(t)]$. Таким образом, $L[y(t)] = \frac{1}{2a} L[(e^{at} - e^{-at})y_1 + (e^{at} - e^{-at}) * f(t)]$, следовательно, $y(t) = \frac{1}{a} y_1 \operatorname{sh} at + \frac{1}{a} \int_0^t f(\tau) \operatorname{sh} a(t-\tau) d\tau$.

2) Laplace transform // Laplace-Transformierte f : образ $\tilde{f}(s)$ функции $f(x)$, т.е. результат применения к ней преобразования Лапласа (1). Функцию $\tilde{f}(s)$ называют также трансформантой Лапласа.

преобразование Фурье 1) Fourier transformation // Fourier-Transformation f : операция F , сопоставляющая функции $f(x)$ её образ по Фурье:

$$\tilde{f} = F[f](\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\xi x} f(x) dx,$$

где $\xi \in (\infty, +\infty)$, $i = \sqrt{-1}$. Функция $f(x)$ называется прообразом или оригиналом для $\tilde{f}(\xi)$, функция $\tilde{f}(\xi)$ — изображением функции $f(x)$. Для существования $\tilde{f}(\xi)$ достаточно, чтобы $f(x)$ была *абсолютно интегрируема* на оси $x \in (\infty, +\infty)$.

Свойства преобразования Фурье (ПФ):

- а) $F[\alpha f(x)] = \alpha F[f(x)]$, $F[f(x)+g(x)] = F[f(x)]+F[g(x)]$ (линейность);
 б) $\frac{d}{d\xi} F[f](\xi) = F[-ixf(x)](\xi)$, $F[\frac{d}{dx} f(x)](\xi) = i\xi F[f(x)](\xi)$;
 в) $F[e^{iax} f(x)](\xi) = F[f(x)](\xi - a)$, $F[f(x - a)](\xi) = e^{ia\xi} F[f(x)](\xi)$;
 г) $F[(f * g)(x)](\xi) = \sqrt{2\pi} F[f(x)](\xi) \cdot F[g(x)](\xi)$, где $(f * g)(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)g(x-t) dt$ — свёртка функций f и g ;

д) пусть абсолютно интегрируемая на оси функция $f(x)$ удовлетворяет на всяком конечном промежутке условиям Дирихле, тогда в каждой точке непрерывности функции справедлива формула обращения:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{f}(s) e^{ixs} ds.$$

Правая часть этой формулы задаёт обратное ПФ. Если x — точка скачка функции, то в левой части данной формулы следует $f(x)$ заменить на $\frac{1}{2}(f(x-0) + f(x+0))$.

Преобразование Фурье применяется в теории вероятностей, теории дифференциальных уравнений, в задачах электротехники и т.д. Вводятся и используются также ПФ, связанные с кратными интегралами.

Замечания. 1) Иногда ПФ задают без множителя $\frac{1}{\sqrt{2\pi}}$, тогда обратное преобразование содержит множитель $\frac{1}{2\pi}$. 2) Иногда в прямом ПФ пишут $e^{i\xi x}$, а в обратном $e^{-i\xi x}$. 3) Часто используют вещественную форму ПФ, которая получается отделением действительной и мнимой частей в вышеприведённых формулах, см. интеграл Фурье.

2) Fourier transform // Fourier-Transformierte f : образ $\tilde{f}(\xi)$ функции $f(x)$, т.е. результат применения к ней преобразования Фурье (1); функцию $\tilde{f}(\xi)$ называют также трансформантой Фурье. Иногда $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \tilde{f}(\xi)$ называют частотной характеристикой, или спектром, функции $f(x)$.

преобразования Галилея / Galilean transformations // Galilei-Transformation f : преобразования координат и времени произвольного события при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, основанные на классических представлениях о пространстве и времени, а именно, на представлениях об абсолютном характере времени и пространственных расстояний. Пусть для определенности оси x и x' систем отсчета K и K' выбраны вдоль направления относительной скорости $\vec{v}$ системы K' относительно K , а направления осей y и z в K и K' выбраны одинаковыми. Пусть также в момент $t = 0$ совпадают начала координат этих двух систем. Тогда преобразования Галилея для координат и времени некоторого события будут иметь вид:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t',$$

где штрихованные величины относятся к системе отсчета K' , нештрихованные — к системе K . Уравнения классической механики не изменяют своего вида при переходе к другой инерциальной системе отсчета с помощью преобразований Галилея. Эта инвариантность уравнений означает равноправие (эквивалентность) всех инерциальных систем отсчета, т.е. математически выражает *принцип относительности* классической механики.

Когда скорость системы K' относительно K нельзя считать малой по сравнению со скоростью света, классические представления о пространстве и времени становятся неприменимыми, и преобразования Галилея заменяются на релятивистские *преобразования Лоренца*, основанные на постулатах *теории относительности*.

преобразования Лоренца / Lorentz transformations // Lorentz-Transformation *f*: в *теории относительности* — преобразования координат и времени произвольного события при переходе от одной *инерциальной системе отсчета* к другой, основанные на релятивистских представлениях о пространстве и времени. Пусть для определенности оси x и x' систем отсчета K и K' выбраны вдоль направления относительной скорости $\vec{v}$ системы K' относительно K , а направления осей y и z в K и K' выбраны одинаковыми. Пусть также в момент $t = 0$ совпадают начала координат этих двух систем. Тогда преобразования Лоренца для координат и времени некоторого события будут иметь вид:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

где штрихованные величины относятся к системе отсчета K' , нештрихованные — к системе K . Когда относительная скорость двух систем мала по сравнению со скоростью света ($v \ll c$), релятивистские преобразования Лоренца переходят в *преобразования Галилея* классической механики.

Из преобразований Лоренца следует, что промежутки времени между событиями и пространственные расстояния между точками, в которых эти события произошли, зависят от системы отсчета, что противоречит классическим представлениям о пространстве и времени. Эта зависимость становится пренебрежимо малой лишь в предельном случае малых относительных скоростей систем отсчета ($v \ll c$). Преобразования Лоренца оставляют неизменной величину, называемую *интервалом* (пространственно-временным интервалом) между событиями. Уравнения релятивистской механики и электродинамики инвариантны относительно преобразований Лоренца, т.е. сохраняют свой вид при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Эта инвариантность математически выражает релятивистский *принцип относительности*.

препятствие / obstacle, barrier [барьер] // Hindernis n , Hürde f [барьер]: в физике — объект, мешающий свободному движению тела или распространению волн.

преследование / pursuit // Verfolgung f : в *теории игр*: игра преследования — *антагонистическая игра* между догоняющим P (преследователем) и убегающим E (преследуемым). Движение игроков может быть задано в виде двух *автономных систем*: $\vec{x}' = \vec{f}(\vec{x}, u)$, $\vec{y}' = \vec{g}(\vec{y}, v)$, где $\vec{x}$ и $\vec{y}$ — точки в фазовом пространстве, определяющие состояния игроков P и E , соответственно; u и v — управляющие параметры, выбираемые игроками в каждый момент времени из заданных множеств. Цель игрока P — сближение с E на заданное расстояние, при этом различают сближение за минимальное время, к заданному моменту времени и т.п.

прецессия / precession // Präzession f : движение твёрдого тела (симметричного волчка), имеющего неподвижную точку, которое складывается из вращения вокруг собственной оси (связанной с телом) и вращения этой оси вокруг некоторой оси, неподвижной в пространстве. Вокруг этой неподвижной оси ось тела описывает круговой конус. Например, прецессию совершает наклоненный волчок под действием опрокидывающего момента силы тяжести: ось волчка при этом описывает круговой конус с вертикальной осью. Земля также совершает медленную прецессию под действием момента сил тяготения Солнца и Луны, действующих на экваториальное «вздутие» земного шара: земная ось описывает в пространстве конус с периодом около 26 000 лет.

прибавлять 1) add // addieren: выполнять сложение; 2) increase // zunehmen: расти, увеличивать(ся).

приближать, аппроксимировать / approximate // nähern, annähern, approximieren: в математике и физике: приближать величину A величиной B — означает заменять значения величины A значениями величины B , близкими к значениям A . Этот приём применяется в случаях, когда величина B проще для изучения, чем A , а погрешность приближения (разность A и B) мала.

приближаться / approach // sich nähern: становиться всё более близким: « $\sin \frac{1}{x}$ приближается к 0, когда x стремится к бесконечности» / $\sin \frac{1}{x}$ approaches 0 as x tends to infinity // $\sin \frac{1}{x}$ nähert sich 0, wenn x gegen Unendlich strebt.

приближение / approximation, approach // Approximation f , Näherung f : а) действие, при котором одну величину *приближают* другой; б) если величина B приближает величину A , то B называется приближением A ; см. также *недостаток* и *избыток*. «Первое приближение» — термин, применяемый к величине B_1 в случае, когда имеется последовательность

величин $B_1, B_2, B_3, \dots$, каждая из которых приближает A точнее, чем предыдущая. Например, при малых значениях x для первого приближения e^x можно взять $1 + x$, для второго приближения $1 + x + \frac{1}{2}x^2$, и так далее, см. *степенной ряд*.

приближение функций / approximation of functions // Approximation der Funktionen: одна из задач *вычислительной математики*: для заданной на отрезке $[a, b]$ функции $f(x)$ найти в некотором классе A приближающую функцию, т.е. такую функцию $\tilde{f}(x) \in A$, что разность $h(x) = f(x) - \tilde{f}(x)$ мала в смысле какой-нибудь *нормы*. Наиболее употребительные нормы: для непрерывных функций — равномерная норма $\|h\|_C = \max_{a \leq x \leq b} |h(x)|$, а для функций, заданных таблицей $\{h(x_k)\}$, $k = 1, \dots, n$, — евклидова норма $\|h\|_E = (\sum_{k=1}^n |h_k|^2)^{1/2}$. Класс функций A выбирают таким образом, чтобы приближающие функции были достаточно просты для вычислений: *полиномы, сплайны, дробно-рациональные функции* и т.п. См. также *наилучшее равномерное приближение* и *метод наименьших квадратов*.

приближённо / approximately, roughly // annähernd, ungefähr: говорят, что A приближённо равно B (записывают в виде $A \approx B$), если разность $A - B$ в каком-нибудь смысле мала.

приближённое интегрирование / numerical integration, approximate integration // numerische Integration, Näherungsquadratur f : приближённое вычисление *определённых интегралов*. Поскольку для точного вычисления интеграла (с помощью *формулы Ньютона-Лейбница*) явно найти *первообразную* удаётся далеко не всегда, важное значение имеет приближённое интегрирование. Общая идея состоит в том, что подынтегральную функцию приближают какой-нибудь более простой функцией (например, *полиномом*), интеграл от которой находится точно. В результате получают *квадратурные формулы*, из которых наиболее часто используются: *формула прямоугольников, формула трапеций* и *формула Симпсона*.

приближённое решение дифференциального уравнения / approximate solution of the differential equation // Näherungslösung f [oder: approximative Lösung] der Differentialgleichung: а) вычислительный процесс, при котором получают приближение для заданного решения дифференциального уравнения; б) результат процесса, указанного в а). См. *метод Рунге-Кутты, метод Эйлера, метод сеток*.

приближённое число, приближённое значение / approximate value // Näherungswert m : условное название числа $\tilde{x}$, дающего приближённое значение для рассматриваемой величины x . Запись $x = \tilde{x} \pm \Delta$ означает, что истинное значение x находится в промежутке $(\tilde{x} - \Delta, \tilde{x} + \Delta)$; запись $x \approx \tilde{x}$ (читается: « x приближённо равно $\tilde{x}$ ») означает, что разница между x и $\tilde{x}$ в каком-то смысле мала. Приближённые числа принято записывать

в виде десятичной дроби, обычно с порядковым множителем, например, $\pi/100 \approx 3,14 \cdot 10^{-2}$. В физике и технике знак $\approx$ обычно заменяют знаком равенства, поскольку из контекста ясно, что речь идёт о приближённых данных. Большие приближённые числа записывают с порядковым множителем: масса Земли $M = 5,98 \cdot 10^{27}$ кг. См. также *округление*.

приближённые вычисления / approximate calculations, approximation calculus // Näherungsrechnung *f*: 1) приближённое выполнение арифметических операций с использованием *округлений*; 2) методы нахождения приближений для корней уравнений, решений систем уравнений, функций, интегралов, решений дифференциальных и интегральных уравнений. См. *приближённый метод*.

приближённый метод / approximate method, approximation method // Näherungsverfahren *n*, Näherungsmethode *f*, Approximationsverfahren *n*: один из методов нахождения приближённых решений задач вычислительного характера, см. *метод половинного деления, метод итераций, метод Ньютона, метод хорд, интерполяция, метод наименьших квадратов, квадратурные формулы, метод Рунге–Кутты, метод Эйлера, метод сеток, метод колокаций*. Приближённые методы называют также численными методами.

приблизительно: см. *приближённо*.

прибор / instrument, device, apparatus // Gerät *n*, Messgerät *n*, Messinstrument *n*: в физике: измерительный прибор — аппарат, техническое приспособление, предназначенное для измерений. По способу индикации приборы подразделяют на стрелочные и цифровые.

приведение / reduction // Reduzierung *f*: в математике — процедура, в результате которой исходное выражение преобразуется к новому, обычно более простому, виду.

приведение к каноническому виду / transformation to principal axes, reduction to canonical [or: normal] form // Transformation auf die Hauptachsen, Reduzierung zur Kanonischen Form: а) приведение *матрицы* A к каноническому виду (или: к канонической форме) подобным преобразованием — преобразование $\tilde{P} = P^{-1}AP$ с невырожденной матрицей P , выбранной таким образом, что $\tilde{P}$ — *жорданова матрица* (в частности, *диагональная матрица*); б) приведение *квадратичной формы* $\Phi = \sum_{i,k=1}^n a_{ik}x_i x_k$ к *каноническому виду* — линейное преобразование $x_k = \sum_{j=1}^n p_{kj}y_j$, выбранное таким образом, что $\Phi = \sum_{k=1}^n \mu_k y_k^2$; в) приведение уравнения *кривой 2-го порядка* или *поверхности 2-го порядка* к виду, не содержащему произведений переменных.

приведённое квадратное уравнение / reduced quadratic equation // reduzierte quadratische Gleichung: *квадратное уравнение* называется приведённым, если коэффициент при x^2 равен единице: $x^2 + px + q = 0$. Квадратное уравнение общего вида $ax^2 + bx + c = 0$ ($a \neq 0$) преобразуется

к приведённому уравнению делением обеих частей уравнения на a . Корни приведённого уравнения находятся по формуле $x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}$. См. также *формулы Виета*.

приводимое представлѐние / reducible representation // reduzible Darstellung: см. *представление группы*.

приѐм 1 / method, way // Methode f , Verfahren n , Art f , Weg m : способ, путь, метод, трюк.

приѐм 2 / reception, welcome // Empfang m : приѐм гостей, делегаций.

приѐм 3 / reception // Empfang m : приѐм сигнала, сообщения.

приѐмник / receiver, radio set // Empfänger m , Empfangsapparat m : в физике и технике: аппарат для приѐма сигналов (радио или других).

приѐмники звۇка / acoustic detectors // Schallempfänger pl : акустические приборы для восприятия звуковых сигналов и преобразования их с целью измерения, передачи, записи или анализа. Наиболее распространены приемники звука, преобразующие акустические сигналы в электрические. К ним относятся используемые в воздухе микрофоны, в воде гидрофоны. Существуют также приемники звука, измеряющие усредненные характеристики звукового поля — акустические радиометры. В качестве приемников звука можно рассматривать также органы слуха человека и животных, производящие преобразование акустических сигналов в нервные импульсы, передаваемые в центры слуха головного мозга.

приѐмники опти́ческого излу́чения / optical detectors // optische Empfänger pl , Lichtempfänger pl , Lichtdetektoren pl : устройства, изменение состояния которых под действием оптического излучения служит для обнаружения этого излучения. Приѐмники оптического излучения преобразуют энергию излучения в другие виды энергии (тепловую, электрическую, механическую), более удобные для непосредственного измерения. Все такие приѐмники регистрируют интенсивность излучения, усреднённую за большое число периодов колебаний поля, так как время реакции любого приѐмника (постоянная времени) много больше периода световых колебаний. Тепловые приѐмники излучения (болометры, радиометры) одинаковы чувствительны к излучению любых длин волн (неселективные приѐмники). Фотоэлектрические приѐмники (фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, фотодиоды, электронно-оптические преобразователи, фоторезисторы) непосредственно преобразуют световую энергию в электрическую. Их действие основано на явлении *фотоэффекта*. Эти приѐмники селективны, их спектральная характеристика имеет длинноволновую (красную) границу, определяемую природой вещества, используемого в чувствительном элементе. К фотохимическим приѐмникам относятся все виды светочувствительных эмульсий. К приѐмникам оптического излучения можно отнести и глаза живых существ. Область

спектра, в которой чувствителен глаз человека ($0,4 - 0,8$ мкм), называется видимой областью. Максимальную чувствительность глаз человека имеет к излучению с длиной волны около 555 нм.

при́зма / prism // Prisma n : в геометрии — тело в пространстве, ограниченное двумя равными *многоугольниками* («основаниями») и *параллелограммами* («боковыми гранями»), причём плоскости оснований *параллельны*. Призму можно представить себе как результат параллельного переноса основания вдоль фиксированной прямой, не параллельной плоскости основания. Высота призмы — расстояние между основаниями. Призма называется: а) n -угольной, если основания — n -угольники; б) прямой, если боковые грани перпендикулярны к основаниям; в) правильной, если призма прямая и основания — правильные многоугольники. Объём призмы равен произведению площади основания на высоту: $V = S \cdot h$.

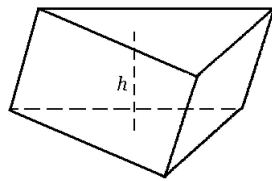


Рис. 143: Треугольная призма

В оптике: призма — прозрачное для оптического излучения тело в форме (обычно) треугольной призмы. Немонохроматический свет, в частности, белый свет, проходя через призму, расщепляется на составляющие его цвета из-за того, что показатель преломления для волн разной длины различен. См. также *спектр* (в физике).

при́знак 1) sufficient condition, criterion // hinreichende Bedingung, Kriterium n : в математике: достаточное условие, например, *признак Вейерштрасса*, *признак Даламбера*, *признак сравнения*; 2) criterion // Kriterium n : в математике: необходимое и достаточное условие, то же, что *критерий*; например, *признак делимости*, *интегральный признак*.

при́знак Вейерштрас́са / Weierstrass criterion // Kriterium von Weierstraß: 1) достаточное условие *равномерной* сходимости *функционального ряда*. Теорема: Если существуют положительные числа $a_1, a_2, \dots$ такие, что $|f_n(x)| \leq a_n$ при $x \in D$ и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ (1) сходится, то функциональный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ (2) сходится абсолютно и равномерно при $x \in D$. Ряд (1) называют мажорантным по отношению к ряду (2). Для построения мажорантного ряда полезно найти $\sup_{x \in D} |f_n(x)|$. Пример: так как $|\frac{\sin nx}{n^2}| \leq \frac{1}{n^2}$ при $-\infty < x < +\infty$ и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ сходится (см. *интегральный*

признак), то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin nx}{n^2}$ равномерно сходится на всей вещественной оси, $x \in (-\infty, +\infty)$.

2) достаточное условие *равномерной сходимости функциональной последовательности*. Теорема: Если $|f_n(x)| \leq a_n$ при $x \in D$ и $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$, то $f_n(x) \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$ равномерно относительно $x \in D$. Пример: $e^{-nx} \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$ равномерно относительно $x \in [1, +\infty)$, поскольку $|e^{-nx}| \leq e^{-n} \rightarrow 0$. Для того, чтобы исследовать равномерную сходимость последовательности функций $\{f_n(x)\}$ к функции $f(x)$, следует применить признак Вейерштрасса к разности $f_n(x) - f(x)$.

признак Даламбёра / d'Alembert criterion // d'Alembertsches Kriterium: достаточное условие сходимости (расходимости) *числового ряда* $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$, где $a_n > 0$ при $n \geq 1$. Теорема: Пусть существует $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = q$; если $q < 1$, то ряд сходится, а если $q > 1$, то ряд расходится.

признак делимости / criterion for divisibility // Kriterium für Teilbarkeit: необходимое и достаточное условие того, что натуральное число P делится *нацело* на натуральное число q . Предполагается, что числа записаны в десятичной системе. Простейшие признаки делимости:

а) на 2: цифра единиц числа P чётная, т.е. крайняя правая — цифра 0, 2, 4, 6 или 8 (например, 10 756); б) на 3: сумма цифр числа P делится на 3 (например, 415 278); в) на 4: две крайние справа цифры числа P образуют число, делящееся на 4 (например, 50 872); г) на 5: крайняя правая цифра числа P есть 0 или 5 (например, 1795); д) на 6: делимость на 2 и на 3 (например, 415 278); е) на 9: сумма цифр числа P делится на 9 (например, 415 278); ж) на 10: крайняя правая цифра числа P есть 0 (например, 71 340).

признак Коши / Cauchy criterion // Wurzelkriterium n : достаточное условие сходимости (расходимости) *числового ряда* $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$, где $a_n > 0$ при $n \geq 1$. Теорема: Пусть существует $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = q$; если $q < 1$, то ряд сходится, а если $q > 1$, то ряд расходится.

признак сравнения / comparison criterion // Vergleichskriterium n : 1) теорема о сходимости *числовых рядов*: Если сходится ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и при всех $n \geq 1$ имеет место неравенство $0 \leq b_n \leq a_n$, то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ также сходится; утверждение остаётся справедливым, если $0 \leq b_n \leq a_n$ начиная с некоторого номера $n_0 \geq 1$; 2) теорема о сходимости *несобственных интегралов*: Если сходится интеграл $\int_a^b f(x) dx$ и имеет место неравенство

$0 \leq g(x) \leq f(x)$, то интеграл $\int_a^b g(x) dx$ также сходится.

прикладной / applied // angewandt: «прикладная математика» — область математики, занимающаяся решением инженерно-технических

задач методами математики.

прикле́ивать / to paste, to stick // ankleben: в математике — соединять края двух поверхностей так, чтобы они вместе образовали гладкую поверхность. См. *риманова поверхность*.

прилежа́щий / adjacent // anliegend: в геометрии: углы $\angle ABC$ и $\angle CAB$ — прилежащие к стороне AB треугольника ABC ; сторона AB — прилежащая к углу $\angle ABC$ и к углу $\angle CAB$. См. также *противолежащий*.

прили́в / rising [or: flood, high] tide, flow // Flut f : периодическое (происходящее в данном месте дважды в сутки) повышение уровня океана. Явление объясняется неоднородностью полей тяготения Луны и Солнца. См. также *отлив*.

приложе́ние си́лы / application of a force // Angriff einer Kraft: в физике: «точка приложения силы» / point of application of a force // Angriffspunkt einer Kraft.

принадлежа́ть / belong (to), pertain (to), be (in) // gehören, zugehören: «элемент x принадлежит множеству X » / the element x belongs to the set X (or: x is in X , $x \in X$) // das Element x zugehört zur Menge X /// «открытие радия принадлежит Кюри» / the discovery of radium pertains to Curie [or: radium was discovered by Curie] // die Entdeckung des Radiums gehört Curie.

прин́цип / principle // Grundsatz m , Prinzip n : в математике: некоторые теоремы по традиции носят название «принцип», например, *принцип аргумента*. В физике: некоторые фундаментальные физические законы называют «принципами», например, *принцип неопределённости*.

прин́цип аргу́мента / argument principle, principle of argument // Prinzip vom Argument, Argumentprinzip n : теорема в теории *аналитических функций*: пусть функция $f(z)$, *регулярная* в *односвязной области* D комплексной плоскости z за исключением конечного числа *полюсов* $b_1, b_2, \dots, b_k$, имеет в области D *нули* $a_1, a_2, \dots, a_j$, и пусть γ — *простой замкнутый контур* внутри области D , не пересекающий полюсов и нулей функции $f(z)$. Тогда приращение аргумента комплексного числа $f(z)$ после однократного полного обхода точкой z контура γ в положительном направлении связано с полным числом N нулей и полным числом P полюсов внутри контура γ соотношением: $\Delta \arg f(z) = 2\pi(N - P)$; при подсчёте полного числа нулей (полюсов) каждый нуль (полюс) учитывается столько раз, какова его кратность: $N = n_1 + \dots + n_j$, $P = p_1 + \dots + p_k$, где n_l (p_l) — кратность нуля a_l (полюса b_l).

прин́цип Гю́йгенса / Huygens principle // Huygenssches Prinzip: в физике — способ построения *волнового фронта* в момент времени $t + \Delta t$, если известны положение фронта в момент времени t и скорость v распространения волны. По принципу Гюйгенса, каждая точка фронта

в момент t является источником вторичной волны, которая за время Δt распространится на расстояние $\Delta r = v\Delta t$ и образует сферический фронт радиуса Δr с центром в данной точке. Искомый волновой фронт в момент $t + \Delta t$ является *огнивающей* (точнее, одной из двух огнивающих) этих сферических фронтов.

принцип дополнительности / principle of complementarity // Komplementaritätsprinzip n : положение квантовой механики, согласно которому получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект (элементарную частицу, атом), неизбежно связано с потерей информации о некоторых других величинах, дополнительных по отношению к первым. Такими взаимно дополнительными величинами являются, например, координата электрона и соответствующая проекция импульса. Принцип дополнительности был сформулирован датским физиком Н. Бором для физической интерпретации влияния измерительного прибора (который всегда представляет собой макроскопический объект) на состояние микрообъекта. При точном измерении одной из дополнительных величин (например, координаты частицы) дополнительная величина (импульс) претерпевает полностью неконтролируемое изменение вследствие взаимодействия с прибором. С современных позиций роль измерительного прибора заключается в «приготовлении» некоторого состояния квантовой системы. Состояния, в которых взаимно дополнительные величины имели бы одновременно точно определённые значения, принципиально невозможны. Если одна из таких величин точно определена, то значение другой полностью неопределённо. Поэтому принцип дополнительности отражает объективные свойства квантовых систем, не связанные с существованием наблюдателя. См. также *принцип неопределённостей*.

принцип Кавальери / Cavalieri principle // Cavalierisches Prinzip: теорема в геометрии: 1) если при пересечении двух фигур D_1 и D_2 на плоскости всевозможными прямыми, параллельными некоторой фиксированной прямой, длины сечений фигур D_1 и D_2 равны, то площади этих фигур равны; 2) если при пересечении двух тел D_1 и D_2 в пространстве всевозможными плоскостями, параллельными некоторой фиксированной плоскости, площади сечений тел D_1 и D_2 равны, то объёмы этих тел равны.

принцип максимума модуля / maximum modulus principle // Maximalmodulprinzip n : а) теорема в теории *аналитических функций*. Пусть функция $f(z)$ *регулярна* в *ограниченной области* D комплексной плоскости z , непрерывна в замкнутой области $\bar{D} = D \cup \partial D$ и не является тождественно постоянной. Обозначим буквой M наибольшее значение модуля функции в замкнутой области, $M = \max_{z \in \bar{D}} |f(z)|$. Утверждается, что в любой точке внутри области значение модуля функции меньше, чем M : $|f(z)| <$

$M, z \in D$. Таким образом, модуль регулярной функции принимает наибольшее значение на границе области, а не в какой-нибудь внутренней точке. б) Теорема в теории *гармонических функций*: функция $u(x_1, \dots, x_n)$, гармоническая в некоторой области $D \subset \mathbf{R}^n$ и не равная тождественно постоянной, не может принять своё максимальное и своё минимальное значение в какой-либо внутренней точке области.

принцип наименьшего действия / principle of least action // Prinzip *n* der kleinsten Wirkung: один из вариационных принципов механики, согласно которому для данного класса сравниваемых между собой возможных движений механической системы истинным (реализующимся) является то, для которого физическая величина, называемая действием, имеет наименьшее (точнее, стационарное) значение, см. *действие* (2). Принцип наименьшего действия используется для получения дифференциальных уравнений движения механических систем и для исследования общих свойств этих движений.

принцип неопределённостей, соотношение неопределённостей / uncertainty principle // Unschärfeprinzip *n*, Unbestimmtheitsprinzip *n*: в *квантовой механике* — фундаментальное положение, утверждающее, что невозможно точно определить одновременно координату и импульс квантовой частицы. Количественно соотношение неопределённостей формулируется следующим образом. Пусть Δx есть неопределённость координаты x квантовой частицы, а Δp_x — неопределённость соответствующей проекции p_x её импульса. Тогда произведение этих неопределённостей должно быть по порядку величины не меньше *постоянной Планка* $\hbar$. Аналогичные неравенства должны выполняться для других пар сопряженных переменных. Если под неопределённостями координаты и импульса понимать среднеквадратичные отклонения этих величин от их средних значений, то соотношения неопределённостей имеют вид:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2, \quad \Delta p_y \Delta y \geq \hbar/2, \quad \Delta p_z \Delta z \geq \hbar/2.$$

Ввиду малости $\hbar$ по сравнению с макроскопическими величинами той же размерности, действия соотношения неопределённостей существенны лишь для явлений атомных (и меньших) масштабов и не проявляются в опытах с макроскопическими телами. Принцип неопределённостей был сформулирован в 1927 г. немецким физиком В.Гейзенбергом. См. также *принцип дополнительности* и *дуализм волна-частица*.

принцип относительности / relativity principle // Relativitätsprinzip *n*: фундаментальный физический закон, утверждение об эквивалентности (равноправии) всех *инерциальных систем отсчета*. Принцип относительности требует инвариантности уравнений физической теории относительно преобразования

от одной инерциальной системы отсчета к другой. В классической физике переход к другой инерциальной системе отсчета производится с помощью *преобразований Галилея*. При этом уравнения механики Ньютона сохраняют свой вид (т.е. удовлетворяют принципу относительности), но уравнения электродинамики (*уравнения Максвелла*) не инвариантны относительно преобразований Галилея. В релятивистской физике (в *теории относительности*) переход к другой инерциальной системе отсчета производится с помощью *преобразований Лоренца*, которые оставляют неизменными как уравнения механики (релятивистской), так и электродинамики.

принцип Паули / Pauli principle // Pauli-Prinzip n : фундаментальный закон природы, заключающийся в том, что две тождественные частицы с полуцелым *спином* (например, два электрона) не могут одновременно находиться в одном *квантовом состоянии*. Впервые принцип запрета был сформулирован швейцарским физиком В. Паули (Wolfgang Ernst Pauli, 1890–1958) для электронов в атоме, и затем распространён им на любые *фермионы*. Принцип Паули сыграл выдающуюся роль в понимании закономерностей заполнения электронных оболочек атомов и объяснении их химических свойств, а также в квантовой теории твёрдого тела и теории атомного ядра.

принцип причинности / causality principle // Prinzip der Kausalität: один из наиболее общих научных принципов, устанавливающий допустимые пределы влияния физических событий друг на друга (событие-причина предшествует по времени событию-следствию). Принцип причинности утверждает также невозможность существования причинно-следственных связей между событиями, для которых понятия «раньше», «позже» имеют относительный смысл, т.е. зависят от системы отсчета. Согласно теории относительности, такие события разделены *пространственно-подобным интервалом*, т.е. на диаграмме Минковского (см. *пространство-время*) одно из них находится вне светового конуса с вершиной в другом событии (в абсолютно удаленной области пространства-времени).

принцип симметрии / symmetry principle, Schwarz's reflection principle // Spiegelungsprinzip n , Schwarzscher Spiegelungssatz: в математике (в теории *конформных отображений*) — теорема: Если функция $f(z)$ задаёт конформное отображение $w = f(z)$ области D на область D' , причём область D симметрична относительно действительной оси $\text{Im } z = 0$, а функция $f(z)$ принимает действительные значения при $\text{Im } z = 0$, $z \in D$, то область D' является симметричной относительно оси $\text{Im } w = 0$. Теорема обобщается на случай симметрии областей относительно окружности.

принцип соответствия границ / boundary principle // Prinzip n des Randes: теорема в теории *конформных отображений*. Пусть функция $f(z)$ регулярна в области D , ограниченной простым замкнутым контуром

γ , и непрерывна вплоть до γ . Если при однократном обходе точкой z контура γ соответствующая точка $w = f(z)$ обходит в том же направлении один раз простой замкнутый контур γ' на плоскости w , то функция $f(z)$ конформно отображает область D на область D' , ограниченную контуром γ' .

принцип суперпозиции (принцип наложения): утверждение, согласно которому результат воздействия нескольких факторов представляет собой сумму результатов воздействия каждого из факторов в отдельности, т.е. предположение о том, что эти факторы не влияют друг на друга. Принцип суперпозиции применим к системам, которые описываются линейными уравнениями (см. *линейные системы*). Играет большую роль в теории колебаний, теории линейных цепей и других разделах физики и техники.

принцип Ферма / Fermat principle // Fermatsches Prinzip: в оптике — утверждение о том, что луч света при прохождении от одной точки до другой избирает кратчайший (по времени) путь (точнее, для истинного пути луча света оптическая длина имеет стационарное значение). В математике (в *вариационном исчислении*) этому утверждению придаётся следующий вид: лучами называют *экстремали* функционала Ферма — *криволинейного*

интеграла 1-го рода $J[x, y, z] = \int_{(x_0, y_0, z_0)}^{(x_1, y_1, z_1)} \frac{dl}{v(x, y, z)}$, имеющего смысл времени

движения в пространстве со скоростью $v(x, y, z)$ от точки (x_0, y_0, z_0) до точки (x_1, y_1, z_1) вдоль некоторой траектории. Роль показателя преломления среды выполняет при этом функция $n(x, y, z) = 1/v(x, y, z)$. Поскольку на экстремали время минимально, получается, что свет избирает кратчайшую траекторию.

принципы симметрии / symmetry principles // Spiegelungsprinzipen: в физике — общие требования неизменности (инвариантности) физических законов относительно определённых операций (преобразований), которым может быть подвергнута физическая система. К таким преобразованиям относятся: 1) *параллельный перенос* системы как целого в пространстве (однородность физического пространства); 2) поворот системы как целого в пространстве (изотропность физического пространства); 3) изменение начала отсчёта времени (однородность времени); 4) переход к другой инерциальной системе отсчёта (*принцип относительности*); 5) одновременное проведение преобразований пространственной инверсии (т.е. *центральной симметрии*), обращения времени (замены $t \rightarrow -t$) и зарядового сопряжения (замены частиц на соответствующие античастицы); 6) перестановка одинаковых частиц (тождественность частиц). Кроме того, существует ряд внутренних симметрий (изотопическая инвариантность *сильного взаимодействия*, «цветовая» симметрия и др.).

Каждому преобразованию симметрии, характеризующемуся одним непрерывно изменяющимся параметром, соответствует закон сохранения некоторой физической величины. Так, однородности физического пространства соответствует закон сохранения импульса замкнутой системы тел, изотропности — закон сохранения момента импульса, однородности времени — закон сохранения энергии.

принцип эквивалентности: утверждение, согласно которому *поле тяготения* в небольшой области пространства и времени, в пределах которой это поле можно считать однородным и постоянным, неотличимо от поля сил инерции, существующего в неинерциальной системе отсчета, ускорение которой равно и противоположно напряженности данного гравитационного поля. Принцип эквивалентности подтверждается на опыте с высокой точностью и лежит в основе релятивистской теории тяготения (см. *общая теория относительности*).

приравнивать / to equate (to), to set equal (to) // gleichsetzen: в математике: приравнивать величину A к величине B — записывать равенство $A = B$.

приращение / increment // Zuwachs m , Inkrement n : в математике и физике — изменение рассматриваемой величины.

присоединённая функция Лежандра / associated Legendre function // zugeordnete Legendresche Funktion: пусть $P_n(x)$ — *полином Лежандра* степени n . Функции $P_n^{(m)}(x)$, определяемые при $m = 0, 1, 2, \dots, n$ формулой

$$P_n^{(m)}(x) = (1 - x^2)^{\frac{m}{2}} \frac{d^m}{dx^m} P_n(x),$$

называются присоединёнными функциями (или присоединёнными полиномами) Лежандра порядка n и индекса m . В частности, $P_n^{(0)}(x) = P_n(x)$, $P_n^{(n)}(x) = (2n - 1)!! (1 - x^2)^{\frac{n}{2}}$, где $(2n - 1)!! = 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n - 3) \cdot (2n - 1)$.

Присоединённые функции ортогональны на промежутке $(-1, 1)$:

$$\int_{-1}^1 P_n^{(m)}(x) P_k^{(m)}(x) dx = 0, \quad k \neq n, \quad \int_{-1}^1 (P_n^{(m)}(x))^2 dx = \frac{2(n+m)!}{(2n+1)(n-m)!}.$$

Функция $P_n^{(m)}(x)$ удовлетворяет присоединённому уравнению Лежандра: $(1 - x^2)y'' - 2xy' + \left(n(n+1) - \frac{m^2}{1-x^2}\right)y = 0$. Присоединённые функции Лежандра возникают при разделении переменных в *уравнении Лапласа* в *сферических координатах*.

присоединённый вектор / associated vector // assoziierter Vektor: см. *корневой вектор*.

притягивать / attract // anziehen: в физике: «тело A притягивает тело B » — означает, что A действует на тело B с силой, направленной в сторону A . Строго говоря, все тела притягивают друг друга (*закон*

всемирного тяготения), но для малых масс на больших расстояниях этот эффект пренебрежимо мал. Притягиваются также тела, имеющие электрические заряды разных знаков, см. закон Кулона.

притяже́ние / attraction // Anziehung *f*: в физике: а) сила *тяготения*, с которой действует каждое тело на любое другое тело; б) сила, с которой действует *электрический заряд* на заряд противоположного знака.

при́чина / cause, reason // Ursache *f*, Grund *m*: если событие *B* происходит как следствие события *A*, то событие *A* называют причиной события *B*. «Причина и следствие» / cause and effect // Ursache und Wirkung.

при́чинность / causality // Kausalität *f*, Ursächlichkeit *f*: причинная связь явлений, см. *принцип причинности*.

про́ба / test, trial, probe // Probe *f*, Versuch *m*: испытание, тест, попытка. «Метод проб и ошибок» / trial-and-error method // Trial-and-Error-Methode *f*, Probiermethode *f*.

пробле́ма / problem, topic, question // Problem *n*, Frage *f*: трудный вопрос, сложная задача.

про́бный / test, trial, sample, sampling // Probe=, Prüf=: взятый для *пробы*. В теории *обобщённых функций*: пробная функция — то же, что *основная функция*.

про́бный заряд / test charge, probe charge // Probeladung *f*: малый *электрический заряд*, вносимый в *электрическое поле* для измерения *напряжённости* поля.

пробо́й диэлектрика / dielectric breakdown // dielektrischer Durchschlag: резкое уменьшение электрического сопротивления диэлектрика (увеличение плотности тока), наступающее при достижении определённой напряжённости электрического поля, называемой электрической прочностью диэлектрика.

прове́рка / testing, test, check, verification, control // Test *m*, Prüfung *f*, Kontrolle *f*: испытание, тест, экзамен, контроль.

прово́димость, электропроводность / conductivity, conductance // Leitfähigkeit *f*: в физике — способность тела пропускать *электрический ток* под воздействием электрического поля, а также физическая величина σ , характеризующая эту способность. Вектор плотности тока $\vec{j}$ зависит от значения напряжённости электрического поля $\vec{E}$ в данной точке и в изотропных проводниках совпадает с ней по направлению. Во многих случаях эта зависимость выражается *законом Ома*: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$, где постоянный (не зависящий от $\vec{E}$) коэффициент σ называется удельной проводимостью. Обратная величина $\rho = 1/\sigma$ называется удельным электрическим *сопротивлением* проводника.

проводить 1) conduct // leiten: в физике: «тело проводит электрический

ток» — тело является *проводником*; 2) draw // ziehen: в геометрии: «провести прямую линию параллельно плоскости» to draw a parallel line to the plane // eine parallele Gerade zur Ebene ziehen.

проводники / conductors // Leiter *m, pl*: в физике — вещества, хорошо проводящие *электрический ток*, т.е. обладающие сравнительно высокой *проводимостью* σ , или, что то же, низким удельным сопротивлением $\rho = 1/\sigma$. К проводникам относятся *металлы*, *электролиты* и *плазма*. В металлах носителями тока являются квазисвободные электроны проводимости, в электролитах — положительные и отрицательные ионы, в плазме — свободные электроны и ионы.

прогиб / deflection // Durchbiegung *f*: отклонение стержня от прямолинейной формы под действием нагрузки, приложенной к средней части стержня перпендикулярно к нему.

прогноз / prediction, forecast // Prognose *f*, Vorhersage *f*: предсказание. «Прогноз погоды» / weather forecast // Wetterprognose *f*, Wettervorhersage *f*.

прогноз-коррекция / predictor-corrector method, mixed extrapolation and interpolation method // gemischtes Extra-Interpolationsverfahren, Prediktor-Korrektor-Verfahren *n*: один из методов *приближённого решения дифференциальных уравнений*; метод состоит из предсказания (прогноза) приближённых значений решения и затем уточнения (коррекции) этих значений.

програ́мма 1) code, program, routine // Programm *n*: в *информатике* — последовательность команд, предписывающих компьютеру выполнять определённые операции для решения какой-либо задачи, см. также *языки программирования*. 2) syllabus // Programm *n* — программа (занятий, курса лекций), учебный план.

программирование / programming // Programmierung *f*: составление компьютерных *программ*.

программист / programmer // Programmierer *m*: специалист, профессионально составляющий *программы* для работы с *компьютером*.

прогрéсс / progress // Fortschritt *m*: продвижение вперёд. «В 60-е годы был достигнут значительный прогресс в изучении мирового океана» / in the years of 60th a significant progress was made in investigation of the Ocean // in den sechziger Jahren wurde bei der Forschung des Ozeans ein bedeutender Fortschritt gemacht.

прогрéссия: см. *арифметическая прогрессия* и *геометрическая прогрессия*.

продифференци́ровать / differentiate, take a derivative // differenzieren, eine Ableitung berechnen: вычислить *производную*. «Продифференцируем $f(x, y)$ по x » / let us differentiate $f(x, y)$ with respect to x // wir differenzieren $f(x, y)$ nach x .

продолжа́ть 1) continue // fortfahren, fortsetzen, weiter [+глагол]: «они продолжали работать, несмотря на дождь» / they continued to work in spite of the rain // ungeachtet des Regens arbeiteten sie weiter; 2) prolong // verlängern: продлевать во времени; 3) extend // erweitern: расширять (в пространстве).

продолже́ние / continuation, extension // Fortsetzung f , Erweiterung f : «продолжение функции $f(x)$ из области D в область $\tilde{D}$ обозначим $\tilde{f}(x)$ » / we denote by $\tilde{f}(x)$ the extension of $f(x)$ from the domain D to the domain $\tilde{D}$ // wir bezeichnen durch $\tilde{f}(x)$ die Erweiterung der Funktion $f(x)$ aus dem Gebiet D in das Gebiet $\tilde{D}$ /// «Продолжение следует» / to be continued // Fortsetzung folgt!

продольная волна́ / longitudinal wave // longitudinale Welle: упругая (звуковая) волна называется продольной (в отличие от поперечной), если вызванные волной смещения частиц среды происходят в направлении распространения волны. Звуковые волны в газах и жидкостях всегда продольные; в твёрдых упругих средах, кроме продольных, могут распространяться также *поперечные волны*.

продольное колеба́ние / longitudinal oscillation // longitudinale Schwingung: в физике: продольное колебание упругого *стержня* — колебание, при котором отклонения участков стержня от положения покоя совершаются в направлении вдоль стержня. Продольные колебания происходят благодаря сжатиям и растяжениям стержня. См. также *поперечное колебание*.

проду́кция 1) output, production // Produktion f , Erzeugung f : производство (товаров, машин, изделий); 2) production, goods // Produktion f , Waren pl : совокупность произведённых товаров, машин, изделий.

проекти́вная геоме́трия / projective geometry // projektive Geometrie: раздел *геометрии*, изучающий т.н. проективные свойства фигур — свойства, не меняющиеся при проективных преобразованиях, например, при *центральной проекции*.

проекти́ровать, проецировать 1) plan, design // planen, entwerfen: составлять *проект*; 2) project // projizieren: в математике — находить *проекцию*, проецировать.

прое́ктор / projector, projection operator // Projektor m , Projektionsoperator m : *оператор* проектирования, см. *ортопроектор*.

проектио́нный аппара́т / projector, projection apparatus // Projektor m , Projektionsapparat n : оптическое устройство, формирующее *оптические изображения* объектов на рассеивающем экране.

прое́кция / projection // Projektion f : в геометрии — отображение геометрических фигур (точек, линий, поверхностей, тел) на плоскость или поверхность. Ортогональная проекция точки M на плоскость π определяется как основание перпендикуляра, опущенного из точки M на эту плоскость;

ортогональная проекция фигуры состоит из соответствующих проекций всех точек фигуры. При параллельной проекции через каждую точку фигуры проводят прямые линии, параллельные заданной фиксированной прямой; если эта прямая перпендикулярна плоскости, то параллельная проекция является ортогональной. См. также *центральная проекция* и *стереографическая проекция*.

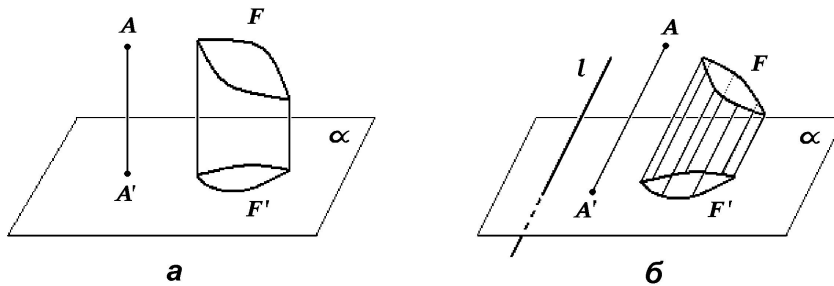


Рис. 144: Проекция: а - ортогональная, б - параллельная

В *аналитической геометрии* проекцией точки A на *координатную ось* l называют *координату* A_l точки A относительно этой оси. Проекция вектора $\overrightarrow{AB}$ на координатную ось l , по определению, равна разности координат конца и начала вектора: $\text{пр}_l \overrightarrow{AB} = B_l - A_l$. Проекция $\text{пр}_{\vec{b}} \vec{a}$ вектора $\vec{a}$ на вектор $\vec{b}$ — проекция вектора $\vec{a}$ на ось, параллельную вектору $\vec{b}$ и одинаково с ним направленную. Имеет место формула: $\text{пр}_{\vec{b}} \vec{a} = |\vec{a}| \cos \phi$, где ϕ — угол между векторами $\vec{a}$ и $\vec{b}$.

В *евклидовом пространстве* или *гильбертовом пространстве*: проекцией вектора $\vec{x}$ на *подпространство* M называют вектор $\vec{x}_M$ такой, что $\vec{x}_M \in M$ и $\vec{x} - \vec{x}_M \perp M$, см. также *теорема о проекции*.

прое́кция ве́ктора / projection of a vector, component of a vector // Projektion eines Vektors: см. *проекция*.

прое́цировать : то же, что *проектировать*.

прозра́чность сре́ды / transparency of medium // Transparenz des Mediums: отношение *потока излучения* (светового потока), прошедшего в среде без изменения направления единичное расстояние, к потоку, вошедшему в эту среду параллельным пучком. Прозрачность отличают от пропускания, так как среда может быть непрозрачна, но в то же время может пропускать рассеянный свет (например, матовое или молочное стекло, тонкие листы бумаги). Прозрачность связана только с направленным пропусканием.

прозра́чный / transparent // durchsichtig, transparent: пропускающий сквозь себя (направленный свет, поток частиц, излучение).

проигравший / loser // Verlierer *m*: тот, кто проиграл (игру или судебный процесс).

произведение 1) product // Produkt *n*: в математике — результат умножения; 2) work // Werk *n*, Erzeugnis *n*: научное, литературное или музыкальное сочинение; изделие.

производная / derivative // Ableitung *f*: 1) Производной функции $f(x)$ вещественной переменной x в точке x_0 называется *предел* (если он существует) отношения приращения функции $\Delta y = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$ к приращению аргумента Δx , когда Δx стремится к нулю:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Для обозначения производной используются также символы $\dot{f}(x_0)$, $\frac{df(x_0)}{dx}$ или $\left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=x_0}$, реже $Df(x_0)$. В данном определении предполагается, что функция определена в окрестности точки x_0 и что точка $x_0 + \Delta x$ может приближаться к x_0 как слева, так и справа, т.е. знак Δx произволен. Геометрический смысл производной: $f'(x_0) = \operatorname{tg} \alpha$, где α — угол между касательной к кривой $y = f(x)$ в точке x_0 и положительным направлением оси абсцисс.

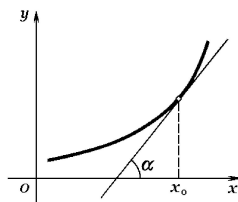


Рис. 145: Геометрический смысл производной

Физический смысл производной: если точка движется вдоль оси Ox таким образом, что её абсцисса зависит от времени по закону $x = x(t)$, то $x'(t_0)$ равна скорости движения в момент времени t_0 .

2) Производной функции $f(z)$ комплексной переменной z в точке z_0 называется предел (если он существует) отношения приращения функции $\Delta w = f(z_0 + \Delta z) - f(z_0)$ к приращению аргумента Δz , когда Δz стремится к нулю: $f'(z_0) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta z}$. Предполагается, что функция определена в окрестности точки z_0 и что точка $z_0 + \Delta z$ может приближаться к z_0 с любой стороны. См. также *конформное отображение*.

3) Понятие производной обобщается на функции нескольких вещественных переменных. Пусть функция $f(x_1, \dots, x_n) = f(\vec{x})$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$, определена

в окрестности точки $\vec{c} = (c_1, \dots, c_n)$ евклидова пространства $\mathbf{R}^n$, и пусть $\vec{h} = (h_1, \dots, h_n)$ — некоторый вектор этого пространства. Если при $|\vec{h}| \rightarrow 0$, где $|\vec{h}| = \sqrt{h_1^2 + \dots + h_n^2}$, имеет место представление

$$f(\vec{c} + \vec{h}) - f(\vec{c}) = A_1 h_1 + A_2 h_2 + \dots + A_n h_n + o(|\vec{h}|),$$

то говорят, что в точке $\vec{c}$ функция $f(\vec{x})$ дифференцируема, или имеет производную $\vec{A} = (A_1, \dots, A_n)$; здесь $o(\alpha)$ означает бесконечно малую высшего порядка по сравнению с α , см. *порядковые символы*. Если функция дифференцируема, то существуют *частные производные* функции $f(\vec{x})$, и они равны коэффициентам A_k : $A_k = \frac{\partial f}{\partial x_k}$, ($k = 1, \dots, n$), так что производная совпадает с *градиентом*, $\vec{A} = \text{grad } f(c)$, а выражение $A_1 h_1 + A_2 h_2 + \dots + A_n h_n$ — с *дифференциалом* функции.

4) «Производная $f(x, y)$ по x » / derivative of $f(x, y)$ with respect to x
// die Ableitung von $f(x, y)$ nach x .

производная по направлѐнию / directional derivative // Richtungsableitung

f : пусть функция $f(x_1, \dots, x_n) = f(\vec{x})$ вещественных переменных $x_1, \dots, x_n$ определена в окрестности точки $\vec{c} = (c_1, \dots, c_n) \in \mathbf{R}^n$. Возьмѐм какой-нибудь вектор $\vec{h} = (h_1, \dots, h_n)$ единичной длины, $|\vec{h}| = 1$, и рассмотрим при малых t приращение данной функции: $\Delta y = f(\vec{c} + t\vec{h}) - f(\vec{c})$. Производной в точке $\vec{c}$ от функции $f(\vec{x})$ по направлению вектора $\vec{h}$ называется предел отношения $\frac{\Delta y}{t}$ (если этот предел существует): $\frac{\partial f}{\partial h} = \lim_{t \rightarrow +0} \frac{\Delta y}{t}$.

Обозначим *направляющие косинусы* вектора $\vec{h}$ через $\gamma_1, \dots, \gamma_n$; поскольку этот вектор единичный, то $\gamma_k = h_k$ ($k = 1, \dots, n$). Производная функции f по направлению вектора $\vec{h}$ выражается через *частные производные* $\frac{\partial f}{\partial x_k}$ и направляющие косинусы вектора $\vec{h}$: $\frac{\partial f}{\partial h} = \sum_{k=1}^n \gamma_k \frac{\partial f}{\partial x_k}$.

производящая фúнкция / generating function // erzeugende Funktion: функция двух переменных $F(x, y)$ называется производящей функцией для системы функций $f_0(x), f_1(x), \dots$, если в окрестности точки $y = 0$ имеет место разложение в ряд: $F(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k(x) y^k$. Например, для *полиномов Лежандра* $\{P_n(x)\}$ производящая функция: $F(x, y) = \frac{1}{\sqrt{1-xy+y^2}}$.

производящий оперáтор / generating operator, generator // erzeugender Operator: в теории *полугрупп*: пусть $T(t)$, $t \in [0, +\infty)$, — полугруппа линейных *ограниченных операторов* действующих в *банаховом пространстве* X . Если полугруппа $T(t)$ непрерывна по *норме операторов*, то производящий оператор A_0 определяется формулой $A_0 x = \lim_{t \rightarrow +0} \frac{1}{t} (T(t)x - x)$ при любом $x \in X$ и является ограниченным оператором. Операторы $T(t)$ могут быть записаны в виде $T(t) = e^{tA_0}$; экспонента e^B понимается в смысле ряда

$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} B^n$, сходящегося по норме операторов.

произво́льная посто́янная / arbitrary constant // willkürliche [oder: beliebige] Konstante: в интегральном исчислении и теории *дифференциальных уравнений*: параметр (обычно обозначаемый C), от которого зависит семейство *первообразных* или семейство решений дифференциального уравнения.

произво́льно взятая то́чка / arbitrary point // willkürlich ausgewählter Punkt: любая, как угодно выбранная (и затем фиксированная) точка.

проинтегри́ровать / integrate // integrieren: вычислить *интеграл*. «Проинтегрируем $\cos x$ по промежутку $[0, \pi]$ » / we integrate $\cos x$ over [or: along] the interval $[0, \pi]$ // wir integrieren $\cos x$ entlang dem Intervall $[0; \pi]$.

прока́лывать / puncture, pierce // durchstechen: в математике — удалять заданную точку из области, обычно центр круга. «Проколотая окрестность» (punctured neighborhood // reduzierte Umgebung, punktierte Umgebung) — область на *комплексной плоскости* вида $0 < |z - a| < r$. Проколотая окрестность бесконечно удалённой точки определяется как множество всех z , удовлетворяющих неравенству $R < |z| < \infty$.

промежу́ток 1) interval // Intervall n : а) в математике — то же, что *интервал*: «Функция непрерывна на промежутке (a, b) » / the function is continuous on the interval (a, b) // die Funktion ist auf dem Intervall $(a; b)$ stetig; б) временной *интервал*, промежуток времени / time interval // Zeitraum m , Zeitabschnitt m , Zeitdauer f ; 2) space, gap // Abstand m , Zwischenraum m : пробел, свободное пространство между какими-либо объектами, в частности, между словами в тексте.

промежу́точный / intermediate // Zwischen=, Mittel=: находящийся между какими-либо другими объектами; временный. «Промежуточный результат» — результат, полученный после выполнения части вычисления или доказательства.

проница́емость / permeability, penetrability // Durchlässigkeit f : свойство вещества пропускать какое-либо излучение, поток частиц, поле. «Диэлектрическая проницаемость» / permittivity, dielectric constant // Dielektrizitätskonstante f .

прообра́з / invers image, original, preimage // Urbild n , Original n : в математике: если при *отображении* f множества A в множество B элемент $x \in A$ отображается в элемент $y \in B$, то x называется прообразом элемента y . См. также *образ*.

пропорциона́льный / proportional // proportional: две числовые переменные x и y связаны пропорциональной зависимостью, если $y = Cx$, где $C \neq 0$ — постоянное число. В этом случае говорят, что y пропорциональна

x , а x пропорциональна y . Если обе переменные — действительные величины, то график пропорциональной зависимости на плоскости Oxy — прямая линия, проходящая через начало координат.

пропорция / proportion, ratio // Proportion f , Verhältnis n : в математике — связь четырёх числовых переменных x, y, u, v , имеющая вид $\frac{x}{y} = \frac{u}{v}$.

Свойства пропорции: $xv = yu$, $\frac{x}{y} = \frac{u+Cx}{v+Cy}$, где C — любое постоянное число.

просветление оптики / antireflection coating, blooming // Vergütung f : покрытие поверхностей оптических деталей (линз, призм) тонким прозрачным слоем, уменьшающим отражение. Просветление достигается благодаря *интерференции* света, отражаемого от передних и задних границ просветляющих покрытий. При правильно подобранной толщине покрытия отражённые границами волны в результате интерференции «гасят» друг друга, что означает усиление интенсивности прошедшего света. При нормальном падении эффект просветления максимален, если толщина слоя равна нечетному числу четвертей длины световой волны в материале покрытия, а *показатель преломления* покрытия равен среднему геометрическому показателей преломления сред, граничащих с покрытием. Для усиления эффекта просветления используют многослойные интерференционные покрытия. «Просветляющий слой, просветляющее покрытие» / antireflection coating // reflexmindernde Schicht, T-Belag m .

простейшая дробь / partial fraction // Partialbruch m : дробная функция вида $\frac{C}{(x-b)^m}$, где $m = 1, 2, \dots$, b и C — постоянные числа. См. также *разложение на простейшие дроби*.

простое число / prime number // Primzahl f : натуральное число $m > 1$, которое имеет только два делителя: единицу и само m (например, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, ... Простых чисел бесконечно много; общей формулы для вычисления простых чисел не существует. Теоремы: 1) Для любого натурального $n > 2$ между n и $2n$ содержится хотя бы одно простое число; 2) Натуральное число $p > 2$ простое в том и только том случае, когда число $(p-2)! - 1$ делится на p ; 3) Каждое простое число вида $4n+1$ есть сумма квадратов двух натуральных чисел; 4) Количество $P(x)$ простых чисел, не превосходящих числа x , при $x \rightarrow +\infty$ приближается к $x/\ln x$.

простой замкнутый контур / simple closed curve, closed Jordan curve // geschlossene Jordan-Kurve, doppelpunktfreie geschlossene Kurve: замкнутая кривая на плоскости, не имеющая *самопересечений*. Например, окружность является, а *лемниската* не является простым замкнутым контуром.

пространственная кривая, неплоская кривая, кривая двойной кривизны

/ space curve, non-plane curve, curve of double curvature // Raumkurve f , nichtebene Kurve, Kurve doppelter Krümmung: кривая в пространстве, имеющая отличное от нуля *кручение*.

пространственно-подобный интервал / space-like interval // raumartiges Intervall: в *теории относительности*: в четырёхмерном пространстве Минковского (см. *пространство-время*) с псевдоевклидовой метрикой $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ инвариантный *интервал* s между двумя событиями (ct_1, x_1, y_1, z_1) и (ct_2, x_2, y_2, z_2) называется пространственно-подобным, если $s^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 < 0$. В этом случае существует такая система отсчета, в которой эти события происходят одновременно. Для таких событий понятия «раньше», «позже» имеют относительный смысл, т.е. зависят от системы отсчета. Поэтому между ними не может быть причинно-следственных связей (см. *принцип причинности*). См. также *временеподобный интервал*.

пространственный / space, spatial // Raum=, räumlich: в геометрии: пространственная фигура — фигура в трёхмерном пространстве, которая не вся лежит в одной плоскости, например, *пространственная кривая*.

пространственный заряд, объёмный заряд / space charge // Raumladung f : электрический заряд, рассредоточенный по некоторой области пространства. Для возникновения пространственного заряда должны быть не равны концентрации положительных и отрицательных носителей заряда (например, ионов и электронов в плазме). Пространственные заряды образуются вблизи электродов при прохождении тока через электролит, вблизи границы двух полупроводников с различной (электронной и дырочной) проводимостью, в вакуумных приборах вблизи катода, испускающего электроны, в газовом разряде вблизи электродов и стенок.

пространство / space // Raum m : в математике — *множество* каких-либо объектов, которые называются точками пространства; ими могут быть геометрические фигуры, функции, состояния физической системы и т.д. В пространстве вводится «геометрия» в виде системы аксиом, которым подчиняются элементы пространства. Важнейшим примером пространства является трёхмерное *евклидово пространство*, представляющее приближённый абстрактный образ реального пространства. Обобщения этого понятия: конечномерное *векторное пространство*, *риманово пространство*, пространство *Лобачевского*, пространство событий в теории относительности (см. *пространство-время*).

В *функциональном анализе* изучаются пространства функций, в частности, *метрическое пространство*, *банахово пространство* и *гильбертово пространство*. В теоретической механике и теории *дифференциальных уравнений* рассматривается *фазовое пространство*.

пространство-время / space-time // Raum-Zeit f : в физике (*в теории*

относительности): плоское четырёхмерное пространство «событий», или пространство Минковского. Для описания каждого события используется четвёрка чисел: время, умноженное на скорость света, и три декартовых координаты, задающие пространственное положение точки: (ct, x, y, z) . Инвариантное расстояние между двумя событиями (ct, x, y, z) и $(c(t + \Delta t), x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z)$ характеризуется т.н. пространственно-временным *интервалом* s , квадрат которого дается выражением $s^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2$ (псевдоевклидова метрика).

пространство столбцов / column space // Spaltenraum m : *векторное пространство*, элементами которого служат числовые столбцы (т.е. *матрицы-столбцы*). Например, трёхмерное пространство столбцов состоит из векторов вида $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$; стандартный *базис* в этом пространстве: $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$.

пространство строк / row space // Zeilenraum m : *векторное пространство*, элементами которого служат числовые строки (т.е. *матрицы-строки*). Например, трёхмерное пространство строк состоит из векторов вида (a, b, c) ; стандартный *базис* в этом пространстве: $(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)$.

противное / the contrary, the opposite // Gegenteil n , Gegensatz m : противоположное. Употребляется в математике в словосочетаниях: а) «предположим противное» (let us assume the opposite // setzen wir das Gegenteil voraus) в смысле: «допустим, что противоположное высказывание истинно»; б) «доказательство от противного» (proof by contradiction, reductio ad absurdum // Widerspruchsbeweis m , reductio ad absurdum) — доказательство, проводимое по следующей схеме: допустим, что доказываемое утверждение A ложно; из этого допущения выводится следствие, которое противоречит ранее доказанным фактам — следовательно, допущение о ложности A неверно, а значит, утверждение A истинно.

противодействие / reaction, counteraction // Gegenwirkung f : «действие равно противодействию» — устаревшая формулировка 3-го закона Ньютона, в которой одной из сил придаётся активный характер («действие»). В действительности силы взаимодействия между телами следует рассматривать как равноправные (см. *законы Ньютона*). «Противодействующая сила» / counteracting force // Gegenkraft f .

противолежачий / opposite, lying opposite // gegenüberliegend: в геометрии — лежащий напротив (стороны или угла).

противоположный / opposite, inverse // entgegengesetzt, entgegen-gerichtet: в математике: *вектор* $-\vec{a}$ называется противоположным вектором (opposite vector // entgegengesetzter Vektor) для вектора $\vec{a}$; если $\gamma > 0$ и $\vec{p} \neq \vec{0}$, то векторы $\vec{p}$ и $-\gamma\vec{p}$ противоположно направлены (oppositely di-

rected // entgegengerichtet); число $-a$ имеет противоположный знак (opposite sign // entgegengesetztes Vorzeichen) по отношению к знаку числа a . В физике: положительный и отрицательный *электрические заряды* имеют противоположные знаки.

противоречащий пример / counter-example // Gegenbeispiel n : контрпример, т.е. пример, показывающий ложность рассматриваемого утверждения. Например, для утверждения «все нечётные числа простые» противоречащим примером служит число 9.

противоречие / contradiction // Widerspruch m , Inkonsistenz f : несовместимость двух утверждений, которые не могут быть оба истинными, например: «В прямоугольном треугольнике длина гипотенузы 8 см, а длина высоты, опущенной на неё, 5 см» (на самом деле при гипотенузе 8 см максимальная возможная высота 4 см).

проти́в часовой стрёлки / counterclockwise // entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn: движение по дуге (окружности) в направлении, противоположном движению стрелки часов. Это направление принято считать положительным. См. также *по часовой стрелке*.

проти́й / protium // Protium n : легкий изотоп водорода, ядро которого — *протон*. У тяжелого изотопа водорода — дейтерия — ядро состоит из одного протона и одного нейтрона, у трития — из одного протона и двух нейтронов.

проти́он / proton // Proton n : одна из *элементарных частиц*, ядро *атома* водорода. Масса покоя $1,6726 \cdot 10^{-24}$ г = $1836 m_e$, где m_e — масса электрона, электрический заряд $e = 1,60219 \cdot 10^{-19}$ К. *Спин* протона равен $1/2$ (в единицах $\hbar$), т.е. протон является *фермионом*. Вместе с нейтронами протоны образуют ядра атомов всех химических элементов, при этом число протонов в ядре равно атомному номеру данного элемента и тем самым определяет его место в *периодической системе химических элементов*.

Протон принадлежит к семейству *адронов*. В *сильном взаимодействии* протон и нейтрон имеют одинаковые свойства и рассматриваются как два квантовых состояния одной частицы — *нуклона*. Важнейший пример сильного взаимодействия с участием протона — ядерные силы, связывающие нуклоны в ядре. Кроме сильного взаимодействия, он также участвует во всех других фундаментальных взаимодействиях: электромагнитном, слабом и гравитационном. Пример слабого взаимодействия с участием протона — внутриядерные превращения протона в нейтрон и наоборот, проявляющиеся в виде *бета-распада* ядер и электронного захвата. Согласно кварковой модели адронов (см. *кварки*), протон состоит из двух *u*-кварков и одного *d*-кварка. Протон — самая легкая частица в классе *барионов*. Среднее время жизни протона превышает 10^{30} лет.

Ввиду стабильности протона, наличия у него электрического заряда и

относительной простоты получения (ионизацией водорода), пучки ускоренных протонов служат удобным инструментом в экспериментальной физике элементарных частиц. Протоны высокой энергии получают на ускорителях. В опытах по соударению частиц протоны часто служат и мишенью (водород).

протяже́ние 1) extent // Strecke f : расстояние, размер; 2) duration // Zeitspanne f , Zeitraum m : длительность, промежуток времени. «На протяжении пяти дней» / during five days // im Laufe von fünf Tagen.

протяже́нность / extention, extent, spread // Ausdehnung f : расстояние, размер, дальность.

про́филь / profile, section, side-view // Profil n , Seitenansicht f : вид сбоку; сечение.

проходя́щая волна́ / transient wave // durchgehende Welle: в физике: волна, приходящая к наблюдателю и затем уходящая от него.

проце́дура / procedure // Prozedur f : установленный порядок действий. В *программировании*: подпрограмма, выполняющая некоторую часть всей программы, и представляющая собой самостоятельную программу.

проце́нт / per cent, percent, percentage // Prozent n : 1% числа a — одна сотая часть данного числа; число a составляет $a/b \cdot 100\%$ от числа b .

проце́нты / interest // Zinsen pl : «проценты с капитала» — прирост капитала в банке за определённый срок (обычно за 1 год). См. также *сложные проценты*.

проце́сс / process // Prozess m , Vorgang m , Verlauf m : в физике — развивающееся во времени явление, т.е. изменение состояния некоторой системы с течением времени.

проце́ссор / processor, central processing unit [сокп: CPU] // Prozessor m : центральное устройство (или комплекс устройств) компьютера или вычислительной системы, которое выполняет арифметические и логические операции, управляет вычислительным процессом и координирует работу периферийных устройств: запоминающих, сортировальных, ввода-вывода, подготовки данных и др. В вычислительной системе может быть несколько параллельно работающих процессоров, что ускоряет выполнение больших программ. Первый микропроцессор был создан фирмой INTEL в 1970-х годах.

про́чность / strength // Haltbarkeit f , Festigkeit f : свойство материала выдерживать нагрузку, не разрушаясь.

пружи́на / spring // Feder f , Sprungfeder f : спираль из упругого материала.

пряма́я ли́ния / straight line // gerade Linie f , Gerade f : в геометрии — пересечение двух плоскостей. В *аналитической геометрии*: прямая линия на плоскости (x, y) задаётся общим уравнением $Ax + By + C =$

0 или уравнением вида $A(x - x_0) + B(y - y_0) = 0$ («пучок прямых с центром в точке (x_0, y_0) »), в пространстве (x, y, z) — канонической системой уравнений $\frac{x-x_0}{l} = \frac{y-y_0}{m} = \frac{z-z_0}{n}$. В обоих случаях можно прямую линию задать также в параметрической форме: $\vec{r} = \vec{r}_0 + t\vec{l}$, где t — параметр, $\vec{l}$ — направляющий вектор прямой, $\vec{r}$ — радиус-вектор переменной точки, $\vec{r}_0$ — радиус-вектор фиксированной точки прямой; на плоскости $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$, $\vec{r}_0 = x_0\vec{i} + y_0\vec{j}$; в пространстве $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, $\vec{r}_0 = x_0\vec{i} + y_0\vec{j} + z_0\vec{k}$.

прямая́я сýмма / direct sum // direkte Summe: говорят, что *евклидово пространство* H разложено в прямую сумму $H = A + B$ *подпространств* A и B , если каждый вектор $\vec{x} \in H$ может быть представлен в виде $\vec{x} = \vec{a} + \vec{b}$, где $\vec{a} \in A$, $\vec{b} \in B$, причём такое представление единственно. Пример: трёхмерное евклидово пространство может быть разложено в прямую сумму плоскости и прямой линии, имеющей одну общую точку с этой плоскостью — нулевую точку пространства. *Ортогональная сумма* — частный случай прямой суммы. Понятие прямой суммы вводится и в случае общих *линейных пространств*.

прямое произведение, декартово произведение / direct product, Cartesian product // Mengenprodukt n , kartesisches Produkt: прямым произведением множеств X и Y называется множество $X \times Y$, элементами которого являются всевозможные упорядоченные пары вида (x, y) , где x — элемент множества X , y — элемент множества Y . Например, прямоугольник с вершинами A, B, C, D можно рассматривать как прямое произведение отрезков $AB \times AD$. Прямое произведение $X \times Y \times Z$ трёх множеств X, Y, Z — множество упорядоченных троек вида (x, y, z) , где $x \in X$, $y \in Y$, $z \in Z$. Аналогично определяется прямое произведение большего числа множеств. Прямое произведение n сомножителей $X \times \dots \times X$ называется декартовой степенью X^n множества X .

прямой круговой ко́нус / right circular cone // senkrechter Kreiskegel: тело в трёхмерном пространстве, ограниченное круговой *конической поверхностью* и плоскостью, перпендикулярной оси симметрии поверхности. Прямой круговой конус получается при вращении *прямоугольного треугольника* вокруг одного из его катетов. Поверхность конуса состоит из боковой поверхности (часть конической поверхности) и основания (часть плоскости, круг). Объём конуса равен $V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$, площадь боковой поверхности $S = \pi RL$, площадь полной поверхности $S = \pi R(R + L)$. Здесь R — радиус основания, H — высота конуса (расстояние от вершины до основания), $L = \sqrt{H^2 + R^2}$ — образующая (расстояние от вершины до какой-либо точки окружности основания).

прямой круговой цили́ндр / right circular cylinder // senkrechter

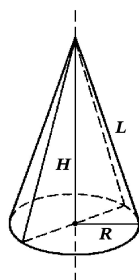


Рис. 146: Прямой круговой конус

Kreiszyylinder: тело в трёхмерном пространстве, ограниченное круговой *цилиндрической поверхностью* и двумя плоскостями, перпендикулярными цилиндрической поверхности. Прямой круговой цилиндр получается при вращении прямоугольника вокруг какой-либо его стороны. Поверхность тела состоит из боковой поверхности (часть цилиндрической поверхности) и двух оснований (равные круги). Объём цилиндра равен $V = \pi R^2 H$, площадь боковой поверхности $S = 2\pi R H$, площадь полной поверхности $S = 2\pi R(R + H)$. Здесь R — радиус оснований, H — высота цилиндра (расстояние между основаниями).

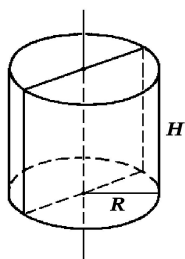


Рис. 147: Прямой круговой цилиндр

прямой угол / right angle // rechter Winkel m : угол $90^\circ = \frac{1}{2}\pi$, равный одной четверти полного оборота *вектора* в плоскости вокруг начала вектора.

прямолинейный / rectilinear, linear // geradlinig: совпадающий с отрезком прямой линии.

прямо пропорциональный: то же, что *пропорциональный*.

прямоугольная система координат / orthogonal coordinate system // rechtwinkliges Koordinatensystem: прямолинейная *ортогональная система координат*. Координатные линии — прямые линии, при пересечении

образующие друг с другом прямые углы. Такую систему часто называют «декартова система координат».

прямоуго́льник / rectangle // Rechteck n : четырёхугольник, все углы которого прямые; частный случай *параллелограмма*. Противоположные стороны попарно равны и параллельны. Площадь прямоугольника равна произведению длин двух смежных сторон: $S = ab$.

прямоуго́льный параллелепíпед, кубоид, брус / rectangular parallelepiped, cuboid, block // Quader m , rechtwinkliges Parallelepiped: *параллелепипед*, все грани которого — прямоугольники. Диагональ d связана со сторонами a, b, c теоремой Пифагора: $d^2 = a^2 + b^2 + c^2$. Объём прямоугольного параллелепипеда: $V = abc$.

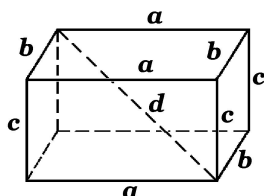


Рис. 148: Прямоугольный параллелепипед

прямоуго́льный треуго́льник / right triangle // rechtwinkliges Dreieck: *треугольник*, один из углов которого прямой, т.е. равный 90° . Стороны прямого угла называются *катетами*; сторона, лежащая против прямого угла — *гипотенузой*. Центр *описанной окружности* лежит в средней точке гипотенузы. Имеет место теорема *Пифагора*: $c^2 = a^2 + b^2$, где a и b — катеты, c — гипотенуза. Площадь прямоугольного треугольника: $S = \frac{1}{2}ab$.

псевдовéктор / pseudovector // Pseudovektor m : в геометрии — величина, характеризующаяся числом и направлением, в отличие от *векторов* меняющая направление при изменении *ориентации* системы координат. Примером псевдовектора служит *векторное произведение*.

псевдодифференциальный оператор [сокр: ПДО] / pseudodifferential operator // Pseudodifferentialoperator m : обобщение понятия *дифференциального оператора*. Простейший ПДО может быть задан на гладких *финитных функциях* $u(x)$ формулой (*), где $\tilde{u}(\xi)$ — *преобразование Фурье* функции $u(x)$:

$$(*) \quad Pu(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\xi x} p(x, \xi) \tilde{u}(\xi) d\xi, \quad \tilde{u}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\xi x} u(x) dx.$$

Здесь $p(x, \xi)$ — гладкая функция, растущая при $|\xi| \rightarrow \infty$ не быстрее некоторой степени $|\xi|$ и называемая символом ПДО. В частном случае,

когда $p(x, \xi)$ — полином, т.е. $p_n(x)\xi^n + \dots + p_0(x)$, ПДО является дифференциальным оператором, например, если $p = \xi^2 + x$, то $Pu(x) = -\frac{d^2}{dx^2}u(x) + xu(x)$.

Псевдодифференциальные операторы применяются при изучении дифференциальных уравнений в *частных производных*, в задачах квантовой механики и др.

псевдослучайные числа / pseudorandom numbers // Pseudozufallszahle *pl*: последовательность чисел, используемая в компьютерных вычислениях вместо *случайных чисел*. Обладают свойствами, близкими к свойствам случайных чисел. Вырабатываются специальными подпрограммами.

Пуанкаре́ (Henri Poincaré, 1854–1912): французский математик и физик. Выдающийся вклад: в математике — в области *теории функций*, *неевклидовой геометрии*, *дифференциальных уравнений* и *топологии*; в физике — в *электродинамике*, теории *электромагнитных волн* и др.

Пуассо́н (Siméon Denis Poisson, 1781–1840): французский физик и математик. Выдающийся вклад в создание *теории потенциала*, математический анализ, *теорию вероятностей*, *теорию упругости*, *теорию волн*, *акустику* и др.

публиковать: см. *опубликовать*.

пузырько́вая ка́мера / bubble chamber // Blasenkammer *f*: прибор для регистрации следов (треков) заряженных частиц высоких энергий, действие которого основано на вскипании *перегретой жидкости* на «зародышевых» центрах *кипения*, которые возникают при образовании ионов вдоль траектории заряженной частицы. После достижения пузырьками достаточных размеров производится стереоскопическая фотосъемка треков. С помощью пузырьковых камер были открыты и исследованы многие элементарные частицы.

пульса́р / pulsar [сокр. от: pulsating source of radioemission] // Pulsar *m*: пульсары — переменные (пульсирующие) источники космического импульсного электромагнитного излучения. Период повторения импульсов — от тысячных долей секунды до нескольких сотен секунд. Согласно современным представлениям, пульсары представляют собой быстро вращающиеся *нейтронные звёзды*, которые при массе порядка массы Солнца имеют размеры порядка 20 км. Только компактные нейтронные звезды могут сохранять свою целостность при вращении с периодом в сотые доли секунды.

пу́ля / bullet // Kugel *f*: в *теории вероятностей*, при решении задач типа стрельбы по мишени: «14 пуль из 18 попали в цель» / the target was hit by 14 bullets out of 18 // 14 Kugeln aus von 18 trafen das Ziel.

пункт 1) point // Punkt *m*, Ort *m*: место, точка на местности: «пункт назначения» / destination point // Ziel *n*, Bestimmungsort *m* /// «исходный пункт и конечный пункт» / the starting point and the terminal point // der Ausgangspunkt und das Ziel; 2) item, subsection // Paragraph *m*: параграф или отдельный отрывок в тексте.

пункти́рная ли́ния / dotted line // punktierte Linie, Punktlinie f : линия, составленная из точек: См. также *штриховая линия*.

пу́стое мно́жество / empty set, void set // leere Menge: *множество*, не имеющее элементов, например, множество действительных корней уравнения $x^2 + 1 = 0$. Обозначение пустого множества: $\emptyset$.

пустоте́лый / hollow // hohl: имеющий внутри себя полость. Например, «топливный бак ракеты представлял собой пустотелый цилиндр».

пу́ть 1) curve, path // Kurve f , Weg m : в математике: а) в анализе — ориентированная *кривая*, т.е. кривая, на которой задано направление от начальной точки к конечной точке; б) в топологии — непрерывное отображение f отрезка $[0, 1]$ в *топологическое пространство*, при этом точка $f(0)$ называется начальной точкой, а $f(1)$ — конечной точкой пути; 2) way, approach, method, manner // Weise f , Methode f , Art f , Verfahren n : подход, способ, метод.

пу́чность / antinode // Schwingungsbauch m , Bauch der stehenden Welle: области максимальной амплитуды колебаний в *стоячей волне*.

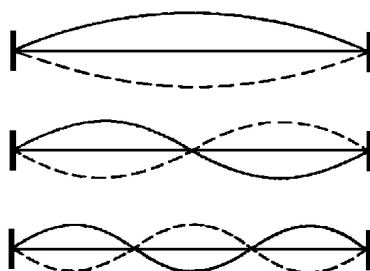


Рис. 149: Пучности и узлы при колебаниях струны с закрепленными концами

пучо́к 1) pencil // Büschel n : в аналитической геометрии: пучок прямых (pencil of lines // Geradenbüschel n) на плоскости — множество *прямых линий*, проходящих через одну и ту же точку; пучок плоскостей (pencil of planes // Ebenenbüschel n) в пространстве — множество *плоскостей*, проходящих через одну и ту же прямую; 2) sheaf // Garbe f : в топологии и алгебре: см. *теория пучков*.

пучо́к луче́й, пучок света / bundle of rays, beam of light // Strahlenbündel n : в оптике — узкий конус, в котором сосредоточены лучи света.

пьезоэ́лектрик / piezoelectric // Piezoelektrikum n : кристалл, при механическом воздействии на который (сжатии или растяжении в определённых направлениях) возникает электрическая *поляризация* даже в отсутствие электрического поля, что можно интерпретировать как появление на гранях пьезокристалла электрических зарядов. Пьезоэффекты наблюдаются

только в кристаллах, не имеющих центра инверсии.

пятёрка 1) five, set of five // Fünf *f*: множество, состоящее из пяти элементов; 2) excellent // ausgezeichnet, sehr gut, Eins *f*: в российских учебных заведениях — наилучшая оценка, или «отлично».

пятигрáнник / pentahedron // Fünfflach *n*: *многогранник*, имеющий пять граней.

пятиуго́льник / pentagon // Fünfeck *n*: *многоугольник*, имеющий пять сторон.

пятно́ / spot // Fleck *m*: область поверхности, обычно округлой формы, выделяющаяся на фоне остальной части поверхности.

пя́тый постула́т Евкли́да / Euclid parallel postulate // Euklidisches Parallelenaxiom: одна из аксиом, лежащих в основании евклидовой геометрии: «через точку, не лежащую на данной прямой, можно провести прямую, параллельную данной прямой, и притом только одну». См. также *неевклидова геометрия*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Р

рабо́та 1 / work // Arbeit *f*: деятельность, при которой затрачиваются усилия и получаются некоторые результаты. В физике термин «работа» применяется для описания воздействия одного тела на другое с передачей энергии — см. *работа силы*.

рабо́та 2 / work, paper, publication // Werk *n*: текст (статья, книга, обзор), написанный в результате изучения какого-либо вопроса и предназначенный для опубликования.

рабо́та 3 1) work, job // Stelle *f*, Arbeit *f*: служба, место работы.

рабо́та вы́хода / (electronic) work function // Austrittsarbeit *f*: работа выхода электрона — наименьшая энергия, требуемая для удаления электрона из твёрдого тела или жидкости в вакуум (в состояние с равной нулю кинетической энергией). Работа выхода может быть сильно изменена *адсорбцией* различных атомов или молекул на поверхности. В частности, атомы металлов с малой энергией ионизации (например, Cs) при адсорбции приобретают электрический *дипольный момент*, направленный в сторону вакуума, и снижают работу выхода. Покрытие из цезия уменьшает работу выхода для некоторых металлов до 1 эВ. Значение работы выхода входит в уравнение Эйнштейна для *внешнего фотоэффекта*. Работой выхода

определяется эффективность *термоэлектронной эмиссии* с катодов электровакуумных приборов (радиоламп, электронно-лучевых трубок).

рабо́та силы / work of a force // Arbeit f : в механике — физическая величина, мера действия силы (и передачи энергии) при *перемещении* тела, к которому она приложена. Если тело M действует с постоянной силой $\vec{F}$ на тело N и при этом тело N совершает перемещение $\vec{r}$ вдоль прямой линии, то говорят, что сила $\vec{F}$ совершила работу A , равную *скалярному произведению* силы и перемещения: $A = \vec{F} \cdot \vec{r}$. Работа силы положительна, когда направление силы составляет острый угол с перемещением, отрицательна, если этот угол тупой, и равна нулю, когда сила перпендикулярна перемещению. Единица работы (Дж в СИ) совпадает с единицей энергии.

В общем случае для вычисления работы силы вводится понятие элементарной работы $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, где $d\vec{r}$ — элементарное (бесконечно малое) перемещение тела, к которому приложена сила. Работа силы на конечном перемещении складывается из элементарных работ на отдельных участках, т.е. определяется как *криволинейный интеграл* вдоль траектории l , по которой происходит перемещение тела: $A = \int_l \vec{F} \cdot d\vec{r}$. Работа полной силы (равнодействующей, или векторной суммы всех сил, приложенных к телу) определяет изменение *кинетической энергии* тела (теорема о кинетической энергии и работе).

рабо́чее те́ло / working substance // Arbeitssubstanz f : в термодинамике — устройство для совершения механической *работы* (например, цилиндр с газом, закрытый подвижным поршнем) в *тепловой* машине или *холодильной машине* при теплообмене с двумя тепловыми резервуарами, имеющими разные температуры (нагревателем и холодильником). В обратимой тепловой машине рабочее тело совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат (*цикл Карно*).

ра́вен / equals, is equal to // gleich: «угол A равен углу B » / the angle A equals [or: is equal to] the angle B // der Winkel A ist dem Winkel B gleich.

ра́венство / equality // Gleichung f : в математике — выражение, содержащее знак $=$.

ра́венство Парсевáля, уравнение замкнутости, условие полноты, равенство Ляпунова–Стеклова / Parseval's equation, completeness relation, Parseval's theorem, Liapunov's formula // Parsevalsche Gleichung, Vollständigkeitsrelation f : соотношение между коэффициентами *ряда Фурье* и нормой функции.

1) Для непрерывной (или кусочно-непрерывной) функции $f(x)$ на промежутке $[-\pi, \pi]$ коэффициенты ряда Фурье — это числа

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nxdx, \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nxdx, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Имеет место равенство

$$\frac{a_0^2}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} (f(x))^2 dx,$$

называемое формулой (или равенством) Парсеваля.

2) В более общем случае, пусть $e_1, e_2, \dots$ — ортонормальный базис в гильбертовом пространстве H , тогда для любого элемента $f \in H$ сходится ряд $A = \sum_{n=1}^{\infty} |f_n|^2$, где $f_n = (f, e_n)$, и имеет место равенство Парсеваля $A = \|f\|^2$.

равно́ / equals, is equal to // (ist) gleich: «три плюс четыре равно семи» / three plus four equals seven // drei plus vier ist gleich sieben.

равнобе́дренный / isosceles // gleichschenkelig: в геометрии: *треугольник* называется равнобедренным, если две из его сторон («боковые стороны») равны. Медиана, проведённая к третьей стороне («основанию») такого треугольника, является его осью *симметрии*.

равнобо́чная трапе́ция / equilateral trapezium // gleichschenkliges Trapez: *трапеция*, боковые стороны которой равны. Равнобо́чная трапеция имеет ось *симметрии* — прямую, проходящую через середины оснований трапеции.

равновели́кий / isometric, of equal area, of equal volume // flächengleich, volumengleich: в геометрии: две плоские фигуры называются равновеликими, если их площади равны; два тела в пространстве называются равновеликими, если их объёмы равны. Например, треугольник со сторонами 3, 4 и 5 равновелик прямоугольнику, одна из сторон которого 1, а другая 6.

равновероятный / equiprobable // gleichmöglich: в *теории вероятностей*: два случайных *события* называются равновероятными (или равновозможными), если их *вероятности* равны. Например, при бросании *игральной кости* выпадение цифр 1, 2, 3, 4, 5 или 6 — события равновероятные, вероятность каждого равна 1/6.

равнове́сие / equilibrium, balance // Gleichgewicht n : в механике — состояние (твёрдого) тела или механической системы, подверженной действию сил, при котором все точки тела находятся в состоянии покоя по отношению к рассматриваемой *системе отсчёта*. В *инерциальной системе отсчёта* необходимое условие равновесия состоит из двух векторных равенств: а) векторная сумма всех внешних сил, действующих на тело, равна нулю: $\sum_k \vec{F}_k = \vec{0}$; б) векторная сумма *моментов* этих сил равна нулю: $\sum_k \vec{r}_k \times \vec{F}_k = \vec{0}$. Здесь $\vec{r}_k \times \vec{F}_k$ — *векторное произведение*; $\vec{r}_k$ — *радиус-вектор* точки приложения силы $\vec{F}_k$, причём выбор начала отсчёта (полюса) произволен.

равновесное излучение, равновесное тепловое излучение / equilibrium radiation // schwarze Strahlung, Hohlraumstrahlung f : изотропное излучение, находящееся в *тепловом равновесии* с веществом, например, находящееся в замкнутой полости, стенки которой имеют постоянную температуру. Спектральный состав равновесного излучения такой же, как у излучения абсолютно черного тела — он не зависит от вещества излучающей системы и определяется только его температурой. В 1900 г. при теоретическом исследовании спектра равновесного излучения немецким физиком М. Планком в физику впервые был введен квант действия (*постоянная Планка h*).

равновесное состояние / equilibrium state // Gleichgewichtszustand t : состояние *термодинамической системы*, в которое она самопроизвольно приходит через достаточно большой промежуток времени в условиях изоляции от окружающей среды. В равновесном состоянии прекращаются все *необратимые процессы*, связанные с диссипацией энергии, и параметры системы не изменяются со временем. В состоянии равновесия *энтропия* изолированной термодинамической системы максимальна.

равновесный процесс / equilibrium process // Gleichgewichtsprozess t : в термодинамике — то же, что *квазистатический процесс*.

равнодействующая сила / resultant force // Resultante f : в механике: векторная сумма двух или более *сил* называется равнодействующей этих сил.

равномерная сходимость / uniform convergence // gleichmäßige Konvergenz: свойство *функциональной последовательности* или *функционального ряда* сходиться *равномерно*.

равномерно / uniformly // gleichmäßig: в математике — по определению: а) последовательность функций $\{f_n(x)\}$ сходится к функции $f(x)$ равномерно на множестве D , если для любого числа $\epsilon > 0$ найдётся такой номер $N(\epsilon)$, что при $n > N(\epsilon)$ и всех $x \in D$ выполняется неравенство $|f_n(x) - f(x)| < \epsilon$. Например, функции $\frac{1}{n} \sin(nx)$ равномерно сходятся к нулю на множестве $x \in (-\infty, +\infty)$. б) *Функциональный ряд* $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$ сходится к сумме $S(x)$ равномерно на множестве D , если для любого числа $\epsilon > 0$ найдётся такой номер $N(\epsilon)$, что при $n > N(\epsilon)$ и всех $x \in D$ выполняется неравенство $|S(x) - \sum_{k=1}^n f_k(x)| < \epsilon$. См. также *признак Вейерштрасса*.

равномерное движение / uniform motion // gleichförmige Bewegung: движение с постоянной *скоростью*. Координаты точки, движущейся с постоянной скоростью $\vec{v}$, линейно зависят от времени: $x = x_0 + v_x t$, $y = y_0 + v_y t$, $z = z_0 + v_z t$, где x_0, y_0, z_0 — координаты точки в начальный момент времени $t = 0$; точка движется при этом по прямой линии. Проходимый точкой путь пропорционален времени движения: $s = vt$,

где $v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$.

равномёрное движение по окружности / uniform circular motion // gleichförmige Kreisbewegung: движение по окружности со *скоростью*, постоянной по *модулю*: $v = |\vec{v}| = \text{const.}$ Вектор скорости направлен по касательной к окружности, а вектор *ускорения* $\vec{a}$ — к центру окружности (центростремительное ускорение). При этом постоянны модуль ускорения $|\vec{a}| = v^2/R$ и *угловая скорость* $\omega = v/R$, где R — радиус окружности. Путь, пройденный точкой, пропорционален времени движения: $s = vt$.

равномёрное распределение / uniform distribution // Gleichverteilung f : говорят, что непрерывная *случайная величина* равномерно распределена на отрезке $[a, b]$, если её *плотность вероятности* равна 1 во всех точках этого отрезка и равна 0 вне отрезка.

равномёрно непрерывный / uniformly continuous // gleichmäßig stetig: функция $f(x)$ называется равномерно непрерывной на множестве D , если для любого числа $\epsilon > 0$ существует число $\delta(\epsilon) > 0$ такое, что при всяких $x, x' \in D$, удовлетворяющих условию $|x - x'| < \delta(\epsilon)$, выполняется неравенство $|f(x) - f(x')| < \epsilon$. Из равномерной непрерывности вытекает *непрерывность*, но не наоборот. Если функция непрерывна на отрезке, то она на нём равномерно непрерывна (*теорема Кантора*).

равномёрно ограниченный / uniformly bounded // gleichmäßig beschränkt: последовательность функций $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), \dots$ называется равномерно ограниченной на *множестве* D , если существует постоянное число C такое, что при всех $x \in D$, $n \in \mathbf{N}$ выполняется неравенство $|f_n(x)| \leq C$. Например, последовательность $\{\sin(nx)\}$ равномерно ограничена на действительной оси $x \in (-\infty, +\infty)$.

равномёрно распределённый / uniformly distributed // gleichverteilt: см. *равномерное распределение*.

равномощный / equivalent, of equal cardinality // gleichmächtig: в математике: два *множества* A и B называются равномощными, если между элементами A и элементами B можно установить *взаимно-однозначное соответствие*. Например, множество *целых чисел* и множество *рациональных чисел* равномощны (оба множества *счётные*).

равноотстоящий / equidistant // äuidistant, gleichentfernt: находящийся на одинаковом расстоянии от каких-либо заданных объектов. В *вычислительной математике* термин «равноотстоящие узлы» используется для обозначения системы точек («узлов») вида $x_k = a + kh$ на действительной оси, где $k = 0, 1, \dots, n$, а h — постоянное число («шаг» системы).

равнопеременное движение, равноускоренное движение / uniformly variable motion // gleichförmig veränderliche Bewegung: движение с постоянным *ускорением*. Вектор скорости при движении с постоянным ускорением

$\vec{a}$ линейно зависит от времени: $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, а координаты точки — квадратично: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$, $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$, $z = z_0 + v_{0z}t + \frac{1}{2}a_z t^2$, где $\vec{v}_0 = (v_{0x}, v_{0y}, v_{0z})$ — вектор скорости при $t = 0$, $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$ — вектор ускорения.

равносильно / equivalent // äquivalent: *высказывание* A равносильно, или эквивалентно, высказыванию B , если из истинности A следует истинность B и при этом из истинности B следует истинность A . Другими словами, эти высказывания или оба истинны, или оба ложны. Утверждение « A равносильно B » записывается в виде « $A \iff B$ ». Пример: неравенство $12y - 8x > -4$ равносильно неравенству $2x - 3y < 1$.

равносильное преобразование / equivalent transformation // äquivalente Umformung: преобразование уравнения, в результате которого получается *равносильное* уравнение.

равносильность / equivalence // Äquivalenz f : эквивалентность, свойство утверждений (или уравнений) быть *равносильными*.

равносильный / equivalent // äquivalent, gleichwertig: а) в *логике*: утверждения A и B называются равносильными (или эквивалентными), если из истинности A следует истинность B и при этом из истинности B следует истинность A . Например, равносильны утверждения: «в треугольнике $\triangle ABC$ равны все стороны» и «в треугольнике $\triangle ABC$ равны все углы». б) Два *уравнения* называются равносильными, если множество корней одного уравнения совпадает с множеством корней другого уравнения. Например, уравнения $x^2 = 1$ и $x^4 = 1$ равносильны в множестве *действительных чисел*, но не равносильны в множестве *комплексных чисел*. Два *неравенства* называются равносильными, если совпадают множества переменных (или параметров), при которых они оба справедливы. в) Две *системы линейных алгебраических уравнений* называются равносильными, если всякое решение одной системы является решением другой системы и обратно, см. *элементарное преобразование*.

равностепенно непрерывный / equicontinuous // gleichgradig stetig: последовательность функций $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), \dots$ называется равностепенно непрерывной на *множестве* D , если для любого числа $\epsilon > 0$ существует число $\delta(\epsilon) > 0$ такое, что для всяких $x' \in D$ и $x'' \in D$, удовлетворяющих неравенству $|x' - x''| < \delta(\epsilon)$, выполняется неравенство $|f_n(x') - f_n(x'')| < \epsilon$ для каждого $n \in \mathbf{N}$.

равносторонний / equilateral // gleichseitig: имеющий все стороны равной длины, например, *ромб* — равносторонний четырёхугольник.

равноточный / of equal accuracy, uniformly precise // gleichpräzis: в физике: равноточные измерения — измерения, проводимые с одинаковой точностью.

равноудалённый / equidistant // gleichentfernt: одинаково удалённый

от каких-либо точек. На плоскости: точки, равноудалённые от сторон *угла*, составляют *биссектрису* этого угла; точки, равноудалённые от концов заданного отрезка, составляют *серединный перпендикуляр* к этому отрезку; точки, равноудалённые от одной фиксированной точки, составляют *окружность* с центром в данной точке.

равноускоренное движение / uniformly accelerated motion, uniformly varied motion // gleichformig beschleunigte Bewegung: см. *равнопеременное движение*.

равный / equal // gleich: одинаковый.

радар, радиолокатор / radar // Radargerät *n*: аппарат, определяющий местоположение в пространстве удалённых объектов при помощи радиосигналов. Радар посылает к объектам остронаправленные радиосигналы и принимает отражённые от них сигналы. На экране радара возникает карта, показывающая положение объектов; расстояние до них вычисляется автоматически по времени пробега сигнала туда и обратно. С помощью радаров определяют также скорость движения объектов. Радары широко применяются в технике.

радиальный / radial // radial: направленный вдоль радиуса; зависящий только от расстояния до некоторой точки («центра»). Радиальная часть *оператора Лапласа* — слагаемое $\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial}{\partial r})$ в выражении оператора Лапласа в *сферических координатах*.

радиан / radian // Radiant *m*: единица измерения углов, обозначается: рад / rad // rad. Угол между двумя радиусами окружности равен 1 радиану, если длина дуги окружности, заключённая между этими радиусами, равна радиусу окружности. В градусной мере: $1 \text{ рад} \approx 57^\circ 17' 45''$.

радиационные пояса Земли / radiation belts // Strahlungsgürtel *pl*: внутренние области земной *магнитосферы*, в которых магнитное поле Земли удерживает заряженные частицы (протоны, электроны, альфа-частицы), обладающие кинетической энергией в десятки и сотни МэВ. Конфигурация силовых линий геомагнитного поля создает для заряженных частиц своеобразную ловушку, в которой захваченные частицы совершают под действием *силы Лоренца* сложное колебательное движение по винтообразной траектории вдоль силовых линий магнитного поля из северного полушария в южное и обратно с одновременным медленным дрейфом по долготе вокруг Земли. Одно колебание из северного полушария в южное и обратно протон с энергией в сотню МэВ совершает за несколько десятых секунды, а время его жизни в такой ловушке может достигать ста лет. Радиационные пояса Земли представляют собой серьёзную опасность для космонавтов и техники при длительных полётах в околоземном пространстве.

радиация / radiation // Strahlung *f*: *излучение*, в частности, *радиоактивное*.

радий / radium // Radium *n*: радиоактивный элемент *периодической*

системы химических элементов (Ra, номер 88).

радика́л / radical, radical sign // Wurzelzeichen *n*: знак извлечения корня, например, $\sqrt{\quad}$, $\sqrt[3]{\quad}$.

ра́дио / radio // Radio *n*: система передачи информации при помощи радиоволн.

радиоактíвное излучéние / radioactive radiation // radioaktive Strahlung: альфа-частицы, электроны, позитроны, антинейтрино, нейтрино, гамма-кванты, испускаемые при радиоактивном распаде (см. *радиоактивность*).

радиоактíвность / radioactivity // Radioaktivität *f*: естественная радиоактивность — самопроизвольное («спонтанное») превращение ядер некоторых атомов в другие ядра, при этом ядро радиоактивного элемента выделяет α -частицы (ядра атомов гелия-4), β -частицы (электроны) или γ -частицы (фотоны большой энергии) и превращается в ядро другого элемента. При α -распаде ядро нового элемента имеет в *периодической системе элементов* номер на два меньше прежнего, при β -распаде — на один больше, при γ -распаде — не меняется. Радиоактивность ядра химического элемента характеризуется его *периодом полураспада*. Естественная радиоактивность открыта в 1896 г. французским физиком А. Беккерелем (Antoine-Henri Becquerel, 1852–1908). Разлетающиеся продукты распада, попадая в ядра атомов других веществ, могут вызвать в них т.н. искусственную радиоактивность.

радиоактíвный изотóп, радиоизотоп / radioactive isotope // radioaktives Isotop, Radioisotop *n*: *изотоп*, обладающий *радиоактивностью*. Многие изотопы химических элементов радиоактивны. Радиоактивные изотопы широко применяются в научных исследованиях, медицине и технике.

радиоактíвный распáд / radioactive decay — см. *радиоактивность*.

радиоастронóмия / radio astronomy // Radioastronomie *f*: раздел астрофизики, изучающий небесные тела при помощи радиоволн. Звёзды, галактики, звёздные скопления излучают радиоволны различной длины и интенсивности, в зависимости от процессов, происходящих в этих объектах; эти радиоволны улавливаются на Земле радиотелескопами. См. также *квазар*.

радиовóлны / radiowaves // Radiowellen *pl*: электромагнитные волны длиной от миллиметров до десятков тысяч метров. Радиоволны подразделяют на сверхдлинные волны (свыше 10 км), длинные (от 10 км до 1 км), средние (от 1 км до 100 м), короткие (от 100 м до 10 м), ультракороткие (от 10 м до 10 см) и микроволны (короче 10 см).

радиолока́ция / radar, radar-location // Radartechnik *f*: способ обнаружения удалённых объектов и измерения расстояний до них при помощи радиосигналов, см. также *радар*.

радиосигна́л / radio signal // Funksignal *n*, Rundfunksignal *n*: информация, передаваемая от источника с помощью модулированных (по амплитуде, частоте, фазе или поляризации, см. *модуляция*) *радиоволн*.

радиоспектроскопи́я / radio spectroscopy // Radiospektroskopie *f*: раздел физики, в рамках которого исследуются переходы между энергетическими уровнями квантовой системы (атома или молекулы), индуцированные электромагнитным излучением радиодиапазона (см. *радиоволны*). Широкое распространение радиоспектроскопических методов исследования обусловлено многообразием резонансных явлений, связанных с такими *квантовыми переходами*. Благодаря малой энергии $\hbar\omega$ квантов радиоизлучения в радиоспектроскопии имеют дело с квантовыми переходами между близко расположенными *энергетическими уровнями*, что делает возможным изучение таких взаимодействий в веществе, которые вызывают очень малые расщепления энергетических уровней, не проявляющиеся в оптической спектроскопии. В радиоспектроскопии исследуют зеемановские расщепления (см. *эффект Зеемана*), уровней энергии электронов и ядер во внешних и внутренних магнитных полях (электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс), взаимодействие электронов проводимости с внешним магнитным полем (циклотронный резонанс) и т.д.

радиотелеско́п / radio telescope // Radioteleskop *n*: устройство для приёма и измерения радиоизлучения космических объектов в диапазоне от дециметровых до миллиметровых длин волн (в пределах «окна прозрачности» земной атмосферы для *радиоволн*). Измерения на более длинных волнах возможны только из космоса. Радиотелескоп состоит из антенны и измерителя малых мощностей — радиометра. В радиотелескопах применяются малошумящие охлаждаемые усилители слабых сигналов: мазерные, параметрические и транзисторные. Помимо чувствительности, важной характеристикой радиотелескопа является угловое *разрешение*, которое определяется шириной главного лепестка диаграммы направленности антенны.

Оптимальное соотношение чувствительности и углового разрешения достигается в инструментах с частично заполненной апертурой (с усеченным зеркалом). Простейший инструмент такого типа — радиоинтерферометр, антенна которого состоит из двух зеркал, разнесенных на большое расстояние. Радиоинтерферометр имеет многолепестковую диаграмму направленности, поэтому для нахождения положения объекта (и тем более для получения его изображения) требуется специальная обработка сигналов, зарегистрированных при разных расположениях зеркал (апертурный синтез). Современные радиотелескопы позволили обнаружить множество космических радиоисточников, таких как *нейтронные звёзды*, *пульсары*, *квазары*, а также открыть микроволновое *реликтовое излучение*, которое послужило важным подтверждением модели «горячей Вселенной».

радиотелефо́н / mobile, mobile phone // Handy *n*, Mobiltelefon *n*: система беспроводной телефонной связи, позволяющая абонентам вести переговоры при помощи персональной карманной радиостанции в любой точке, находящейся в зоне обслуживания системы. Возможны междугородние и международные телефонные переговоры, подключение к системе Интернет и т.п. Другие названия радиотелефона: сотовый телефон, мобильный телефон (разг.: «мобильник», «трубка»).

радиотéхника / radio engineering // Radiotechnik *f*: область техники, занимающаяся передачей информации при помощи *радиоволн*.

радиофíзика / radio physics, radioscience // Radiophysik *f*: раздел физики, занимающийся исследованием свойств *радиоволн* и особенностей их распространения в различных средах. По мере развития радиофизики её методы стали проникать в другие области физики и обогащать их. В результате развились такие разделы как волоконная оптика, голография, интегральная оптика и т.п., так что оптический диапазон частот тоже стал областью приложения методов радиофизики («радиооптика»).

радиоэлектрoника / radio electronics // Radioelektronik *f*: обширный комплекс областей науки и техники, связанных главным образом с проблемами передачи, приёма и обработки информации с помощью электромагнитных колебаний и волн. Радиоэлектроника охватывает *радиотехнику* и *электронику*, а также ряд новых областей — *квантовую электронику*, *оптоэлектронику*, *микроэлектронику*, *твердотельную электронику*. Радиоэлектроника тесно связана с *радиофизикой*, физикой твердого тела, *оптикой*. Область использования радиоэлектроники выходит за пределы точных наук и техники, проникая в медицину, экономику и др.

ра́диус / radius // Radius *m*, Halbmesser *m*: а) отрезок между центром и какой-либо точкой окружности (или сферы); б) длина этого отрезка.

ра́диус-вéктор / radius vector // Radiusvektor *m*: в геометрии и физике: радиус-вектор точки *M* — вектор $\vec{r}$, проведенный из фиксированной точки (обычно из начала координат *O*) в данную точку *M*, $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$. Иногда термин «радиус-вектор» применяют для обозначения длины указанного вектора.

радoн / radon // Radon *n*: *инертный газ*, элемент *периодической системы химических элементов* (Rn, номер 86).

разбивáть / divide, split, decompose // teilen: разделять на части: «разобьём множество действительных чисел на два класса» / we divide the set of real numbers into two classes // wir teilen die Menge der realen Zahlen in zwei Klassen.

разбиéние / partition, decomposition // Zerlegung *f*: разделение целого на части. В математике: разбиение области на мелкие части применяется

при введении понятия *определённого интеграла*, а также в *приближённых вычислениях*.

разбиение единицы / partition of unity // Zerlegung der Einheit: в математическом анализе — замена тождественной единицы суммой функций специального вида. Пусть $x_1, \dots, x_n$ — система точек на отрезке $[a, b]$ числовой оси, причём $a = x_1 < x_2 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$. Разбиением единицы, подчинённым данной системе точек, называется система гладких функций $h_1(x), \dots, h_n(x)$ таких, что: 1) $h_k(x) \equiv 1$ в некоторой окрестности точки x_k , а вне некоторой её большей окрестности $h_k(x) \equiv 0$; 2) $\sum_{k=1}^n h_k(x) \equiv 1, x \in [a, b]$.

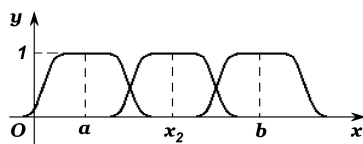


Рис. 150: Разбиение единицы ($n = 3$)

развёрнутый угол / straight angle // gestreckter Winkel: угол 180° , равный половине полного оборота *вектора* в плоскости вокруг начала вектора.

развёртка / development // Abwicklung f : в геометрии: некоторые пространственные поверхности могут быть развёрнуты (без растяжения или сжатия) на плоскость, при этом результат (как и сама процедура) называется развёрткой. Например, развёртка боковой поверхности *прямого кругового цилиндра* — прямоугольник; развёртка боковой поверхности *прямого кругового конуса* — сектор круга.

разветвление / branching, bifurcation, ramification, forking // Verzweigung f , Gabelung f , Bifurkation f , Aufspaltung f : в математике: разветвление функции — нарушение однозначности функции при переходе её аргумента через какое-нибудь критическое значение. Например, на *комплексной плоскости* z функция $w(z) = \sqrt{z} = |z|^{1/2} e^{\frac{i}{2} \arg z}$, где $\arg z = 0$ при $z = 1$, имеет точку разветвления $z = 0$. Пусть точка z пробегает отрезок действительной оси от $z = 1$ до $z = -1$, обходя точку $z = 0$ сверху, тогда $w(-1) = +i$; если же z обходит точку $z = 0$ снизу, то $w(-1) = -i$.

В *программировании*: разветвление *алгоритма* — команда, направляющая дальнейшее выполнение алгоритма по одному из двух (или более) возможных путей, в зависимости от текущего значения какой-либо переменной.

развитие / development // Entwicklung f : «быстрое развитие телевидения в 20-м веке» / fast development of TV in the twentieth century // die schnelle Entwicklung des Fernsehens im 20. Jahrhundert.

раздвѣиваться / bifurcate, fork // sich gabeln, sich verzweigen: «при возрастании параметра t кривая решения раздваивается» / at increase of the parameter t the curve of the solution forks // bei der Vergrößerung des Parameters t , wird sich die Lösungskurve gabeln.

раздвѣенный / forked, dichotomous // verzweigt, gegabelt: имеющий форму двухзубой вилки.

раздѣл 1) section, part // Abschnitt m : часть текста; 2) part, domain // Gebiet n : составная часть науки, например, «механика — один из разделов физики»; 3) division, cut // Teilung f : см. *разбиение*. «Поверхность раздела» / interface // Grenzfläche f : поверхность, разделяющая две различные среды, например, поверхность водоёма, разделяющая воду и воздух.

разделѣние / separation, sharing, division // Einteilung f , Verteilung f : разбиение целого на части, а также распределение этих частей. «Разделение времени» / time-sharing // Zeitteilung f .

разделѣние изотопов / isotope separation // Isotopentrennung f : выделение отдельных изотопов из их естественной смеси или обогащение смеси отдельными изотопами. Существующие методы разделения изотопов связаны с различием масс их атомов. Для большинства элементов это различие мало, что определяет сложность задачи. Наиболее распространены следующие методы: 1) газовая диффузия через пористые перегородки (легкие молекулы диффундируют быстрее тяжѣлых); 2) диффузия в потоке пара (масс-диффузия); 3) термодиффузия; 4) центрифугирование (тяжѣлые молекулы концентрируются у периферии); 5) электромагнитное разделение (фокусировка пучка ионов поперечным магнитным полем, подобно тому, как это происходит в масс-спектрометрах).

разделѣние переменных 1) separation of variables // Trennung der Variablen: для *обыкновенного дифференциального уравнения* 1-го порядка вида $y' = f(x)g(y)$ разделение (или отделение) переменных означает запись уравнения в виде $\frac{dy}{g(y)} = f(x)dx$; при этом могут быть потеряны решения вида $y = \text{const}$. Общий интеграл уравнения: $\int \frac{dy}{g(y)} = \int f(x)dx + C$.

2) separation of variables // Separation der Variablen: для *дифференциального уравнения с частными производными* разделение переменных означает отыскание частных решений, имеющих вид произведения функций, каждая из которых зависит только от одной из независимых переменных. Например, для *уравнения теплопроводности* стержня $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ можно искать частные решения вида $u(x, t) = T(t)X(x)$. После подстановки в уравнение получается тождество: $\frac{T'}{T} \equiv \frac{X''}{X}$, где штрих означает обыкновенную производную по аргументу. Левая часть равенства не зависит от x , правая от t , поэтому они обе не зависят ни от x , ни от t , т.е. равны произвольной

постоянной, которую обычно обозначают $-\lambda$. Таким образом, получаются два обыкновенных дифференциальных уравнения $T' + \lambda T = 0$ и $X'' + \lambda X = 0$, решая которые, приходим к общему виду решений указанного типа: $u(x, t) = e^{-\lambda t}(A \sin x\sqrt{\lambda} + B \cos x\sqrt{\lambda})$. Здесь A и B — произвольные постоянные, значение которых, как и λ , находят из дополнительных условий (краевых и начальных). См. также: *задача Штурма-Лиувилля* и *метод Фурье*.

разлагать / expand, decompose // entwickeln, zerlegen: в математике — представлять данную величину в виде суммы или произведения. В оптике: разлагать монохроматический свет в спектр — пропускать световой пучок через систему, по-разному преломляющую световые волны разной длины (например, через стеклянную призму), при этом на экране возникают разноцветные полосы. Для разложения в спектр можно использовать также многолучевую интерференцию, как это делается, например, в спектральных приборах с *дифракционной решеткой*. В химии: разлагать химическое вещество — расщеплять молекулы сложного вещества на более простые.

различать / distinguish // unterscheiden: находить разницу, несовпадение, отличие. «На снимке можно было различить мельчайшие детали» / one could distinguish the smallest details on the photo // man konnte auf dem Foto die kleinsten Details unterscheiden.

различаться / differ // sich unterscheiden: отличаться друг от друга, например, изотопы одного и того же элемента различаются числом нейтронов в ядре атома.

разли́чие / difference // Unterschied m : разница, несовпадение, отличие.

разложе́ние / expansion, decomposition, factorization // Entwicklung f , Zerlegung f : в математике — представление какой-либо величины в виде суммы или произведения. «Разложение в ряд Фурье» / Fourier expansion, expansion in a Fourier series // Fourier-Reihe-Entwicklung f /// «Спектральное разложение» / spectral decomposition, spectral representation // Spektraldarstellung f , Spektralentwicklung f , spektrale Zerlegung f .

разложе́ние едини́цы, спектральное семейство / spectral family, resolution of the identity // Zerlegung der Einheit, Spektralschar f : в теории *линейных операторов* в *гильбертовом пространстве*: семейство *ортoprojectоров* E_λ , зависящее от параметра $\lambda \in (-\infty, +\infty)$, такое, что: 1) $E_\lambda E_\mu = E_\lambda$ при $\lambda < \mu$; 2) E_λ сильно непрерывно слева, т.е. $E_{\lambda-0} = E_\lambda$; 3) $E_\lambda \rightarrow O$ при $\lambda \rightarrow -\infty$, $E_\lambda \rightarrow I$ при $\lambda \rightarrow +\infty$, где O означает нулевой, а I — единичный оператор.

Всякий *самосопряжённый* оператор A порождает некоторое разложение единицы E_λ , причем имеет место представление в виде операторного *интеграла Стильтьеса*: $A = \int_{-\infty}^{+\infty} \lambda dE_\lambda$. Это равенство называют спектральным

представлением, а разложение единицы $\{E_\lambda\}$ — спектральной функцией оператора A . Точки непрерывности спектральной функции соответствуют точкам *непрерывного спектра* оператора, точки скачка — *собственным значениям*.

разложение на множители / factorization, factoring // Faktorisierung f , Faktorenzerlegung f , Faktorzerlegung f : представление в виде произведения. Разложение (натурального числа) на простые множители / prime factorization, prime decomposition // Primzahlzerlegung f , Zerlegung in Primfaktoren: представление *натурального числа* в виде произведения *простых чисел*. Например, разложение числа 1386 на простые множители имеет вид $1386 = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 11$.

Разложение *многочлена* $P_n(x)$ степени n на простые множители имеет вид $P_n(x) = a_n(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_{n-1})(x - x_n)$, где x_j — корень многочлена (возможно, *комплексный*), $j = 1, \dots, n$. В данном разложении каждый корень указан столько раз, какова его *кратность*. Пример: $x^5 - x^4 + x^3 - 2x^2 + x = x(x - 1)(x - 1)(x + i)(x - i)$. Если коэффициенты многочлена $P_n(x)$ *вещественные*, то он может быть разложен на вещественные множители: $P_n(x) = a_n(x - x_1)^{k_1} \dots (x - x_r)^{k_r} (x^2 + p_1x + q_1)^{\omega_1} \dots (x^2 + p_sx + q_s)^{\omega_s}$. Здесь k_j ($j = 1, \dots, r$) означает кратность вещественного корня x_j , а ω_j ($j = 1, \dots, s$) — кратность пары комплексно-сопряжённых корней трёхчлена $x^2 + p_jx + q_j$. В вышеприведённом примере: $x(x - 1)^2(x^2 + 1)$.

разложение на простейшие дроби / expansion into partial fractions // Partialbruchzerlegung f : функция вида $\frac{P_m(x)}{Q_n(x)}$, где $P_m(x)$ и $Q_n(x)$ — *многочлены*, называется рациональной дробью, или дробно-рациональной функцией. Если степень $P_m(x)$ меньше степени $Q_n(x)$, то дробь называется *правильной*; такую дробь всегда можно представить в виде суммы *простейших дробей*. Пусть $x_1, x_2, \dots, x_s$ — различные корни многочлена $Q_n(x)$, причём корень x_j имеет кратность k_j и $k_1 + \dots + k_s = n$, при этом $Q_n(x) = (x - x_1)^{k_1}(x - x_2)^{k_2} \dots (x - x_s)^{k_s}$ (см. *разложение на множители*). Разложение на простейшие дроби имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{P_m(x)}{Q_n(x)} = & \frac{A_{1,1}}{x - x_1} + \frac{A_{1,2}}{(x - x_1)^2} + \dots + \frac{A_{1,k_1}}{(x - x_1)^{k_1}} + \dots \\ & \dots + \frac{A_{s,1}}{x - x_s} + \frac{A_{s,2}}{(x - x_s)^2} + \dots + \frac{A_{s,k_s}}{(x - x_s)^{k_s}}, \end{aligned} \quad (*)$$

где $A_{i,j}$ — некоторые постоянные числа. Приводя дроби к общему знаменателю и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях x , получаем *систему линейных алгебраических уравнений* для неизвестных $A_{i,j}$, которые находятся единственным образом. В случае, когда все корни простые (т.е. $s = n$ и $k_1 = k_2 = \dots = k_n = 1$), искомые числа $A_1, \dots, A_n$ находятся

сразу по формуле $A_j = \frac{P_m(x_j)}{Q'_n(x_j)}$. Если коэффициенты многочлена $Q_n(x)$ вещественные, то группу слагаемых в сумме (*), отвечающих паре комплексно-сопряжённых корней вида $\xi \pm i\eta$ кратности ω , можно записать в вещественной форме:

$$\frac{B_1x + C_1}{x^2 - 2\xi x + \xi^2 + \eta^2} + \dots + \frac{B_\omega x + C_\omega}{(x^2 - 2\xi x + \xi^2 + \eta^2)^\omega}.$$

разложимый / decomposable, factorable // zerlegbar: такой, что его можно разложить (в сумму или произведение).

разма́х колеба́ния / amplitude of oscillation // Amplitude f , Schwingungsweite f : *амплитуда* колебания; иногда термин употребляют в смысле «удвоенная амплитуда».

разме́р / size, dimension // Größe f , Dimension f , Ausmaß n , Ausmessung f , Umfang m : величина, объём. «Размер матрицы» / order [or: size] of a matrix // Typ m [oder: Format n] einer Matrix.

разме́рность / dimension, dimensions // Dimension f : в математике — число векторов *линейного пространства*, составляющих его *базис*. В физике: см. *размерность физической величины*.

разме́рность физи́ческой вели́чины / dimension of a physical quantity // Dimension einer Physikalischen Größe: пропорциональность значений этой величины степеням некоторых «основных» величин. Размерность физической величины записывают в виде формулы, например, размерность *импульса* (1) $\dim p = LMT^{-1}$, где L, M, T — символы величин, принятых за основные. Такая запись означает, что импульс пропорционален длине и массе и обратно пропорционален времени. Набор основных величин в разных *системах единиц* различен.

разме́щение / arrangement // Variation f , Kombination mit Berücksichtigung der Reihenfolge: в математике — один из видов *комбинаций* элементов конечного *множества*. Пусть X — множество, состоящее из n различных элементов $x_1, \dots, x_n$. Размещение из n элементов по r (arrangement of n things taken r at a time // Kombination mit Berücksichtigung der Reihenfolge von n Elementen zur k -ten Klasse) — подмножество, состоящее из каких-либо r элементов множества X и расположенных в каком-либо порядке. Два размещения совпадают, если они составлены из одних и тех же элементов и порядок следования элементов одинаков. Число всевозможных размещений из n элементов по r обозначается A_n^r . Имеет место формула: $A_n^r = n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1) = \frac{n!}{(n-r)!}$, где $n!$ означает *факториал* числа n . Пример: из 9 человек выбрать 4 человека и посадить на 4 занумерованных кресла (по одному человеку на кресло) можно 3024 способами, так как $A_9^4 = 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 = 3024$.

размы́кать ток / break the current // unterbrechen den Strom: в

физике и технике — нарушать течение электрического тока, разъединяя в цепи какой-нибудь контакт.

разностная схема / difference schema // Differenzenschema *n*: см. *разностный метод*.

разностное уравнение / difference equation // Differenzengleichung *f*: уравнение, содержащее конечные разности искомой функции $y(x)$. Значения $y(x_k)$ функции в заданных точках x_k ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) обозначают y_k и вводят конечные разности 1-го порядка $\Delta^1 y_k = y_{k+1} - y_k$, 2-го порядка $\Delta^2 y_k = \Delta^1(\Delta^1 y_k) = \Delta^1 y_{k+1} - \Delta^1 y_k$, и т.д. Имеет место формула $\Delta^m y_k = \sum_{j=0}^m (-1)^{m-j} C_m^j y_{k+j}$, где C_m^j — биномиальный коэффициент. Разностным уравнением m -го порядка называется уравнение вида $F(y_k, \Delta^1 y_k, \Delta^2 y_k, \dots, \Delta^{m-1} y_k, \Delta^m y_k) = 0$ ($k = 0, \pm 1, \dots$), или, что равносильно, вида $f(y_k, y_{k+1}, \dots, y_{k+m}) = 0$. Если f — линейная функция, то разностное уравнение называется линейным; теория таких уравнений аналогична теории *линейных дифференциальных уравнений*.

разностный метод, метод сеток / difference method // Differenzenverfahren *n*: в *вычислительной математике*: разностный метод, или метод конечных разностей, — приближённый метод, в котором *дифференциальное уравнение* заменяется *разностным уравнением* («разностной схемой») путём замены производных искомой функции соответствующими разностными отношениями. Например, для первой производной: $u'(x) \approx \frac{u(x+h) - u(x)}{h}$, для второй производной: $u''(x) \approx \frac{1}{h^2}(u(x+h) - 2u(x) + u(x-h))$. Здесь h — малое число («шаг сетки»); в теории разностных методов выводятся оценки погрешности такого рода приближений.

В качестве примера рассмотрим краевую задачу $u''(x) - q(x)u(x) = 0$, $0 \leq x \leq 1$, $u(0) = a$, $u(1) = b$, где $q(x)$ — заданная непрерывная функция, $q(x) > 0$, a и b — заданные числа. Введём на промежутке $x \in (0, 1)$ сетку с шагом $h = 1/n$, что означает введение $n + 1$ узловых точек $x_k = kh$, $k = 0, 1, \dots, n$. В каждой из точек $x_1, \dots, x_{n-1}$, называемых внутренними узлами сетки, заменим приближённо $u''(x_k)$ на дробь $\frac{1}{h^2}(u_{k-1} - 2u_k + u_{k+1})$, где для краткости $u(x_k)$ обозначено через u_k . Краевая задача сводится (приближённо) к системе $n+1$ линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} u_0 = a \\ u_0 - (2 + h^2 q_1)u_1 + u_2 = 0 \\ u_1 - (2 + h^2 q_2)u_2 + u_3 = 0 \\ \dots \dots \dots \\ u_{n-3} - (2 + h^2 q_1)u_{n-2} + u_{n-1} = 0 \\ u_{n-2} - (2 + h^2 q_1)u_{n-1} + u_n = 0 \\ u_n = b \end{cases}$$

Решение этой системы является приближённым решением краевой задачи;

при $h \rightarrow 0$ приближённое решение сходится к точному.

Разностный метод применяют также и для *дифференциальных уравнений с частными производными*. Например, уравнение Лапласа $u_{xx} + u_{yy} = 0$ можно аппроксимировать на двумерной сетке $x_i = ih$, $y_k = kg$ разностной системой $\frac{1}{h^2}(u_{i-1,k} - 2u_{ik} + u_{i+1,k}) + \frac{1}{g^2}(u_{i,k-1} - 2u_{ik} + u_{i,k+1}) = 0$, где h — шаг сетки по x , g — шаг по y , а $u_{ik} = u(x_i, y_k)$.

ра́зность, разни́ца / difference // Differenz f : в математике — результат *вычитания*: если $C = A - B$, то число C называется разностью чисел A и B .

ра́зность потенциа́лов, напряжение / potential difference, voltage // Spannung, Potenzialdifferenz f : разность потенциалов $\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi$ (иначе напряжение, обычно обозначается V) между двумя точками стационарного электрического поля — физическая величина, равная работе, совершаемой силами поля при перемещении единичного положительного заряда из начальной точки в конечную. Здесь φ_1 и φ_2 — *потенциалы* начальной и конечной точек. Так как электрическое поле потенциально (см. *потенциал*), то эта работа не зависит от формы траектории, по которой производится перемещение заряда, а определяется только положением начальной и конечной точек.

ра́зность хо́да луче́й / path difference // Gangunterschied m : разность оптических длин путей двух световых лучей, имеющих общие начальную и конечную точки (оптическая длина луча равна произведению пути на показатель преломления среды). Понятие разности хода лучей играет важную роль в описании явлений *интерференции* и *дифракции* света. В точках, для которых разность хода двух когерентных волн равна целому числу длин волн, происходит конструктивная интерференция и наблюдается максимум интенсивности (светлая полоса); при разности хода, равной полуцелому числу длин волн, происходит деструктивная интерференция (гашение) и наблюдается минимум (темная полоса).

разоре́ние / ruin // Ruin m : в *теории игр*: проигрыш всего капитала. «Задача о разорении (игрока)» / ruin problem // Ruinproblem n .

разре́женная ма́трица / sparse matrix // dünnbesetzte Matrix, verdünnte Matrix: матрица с малым количеством ненулевых элементов. Например, матрица системы уравнений трёхточечного *разностного метода* трёхдиагональная: она заполнена только в главной диагонали и двух её соседних диагоналях, прочие элементы нулевые. Для вычислений с разреженными матрицами разработаны специальные алгоритмы, существенно сокращающие время расчёта.

разре́женный газ / rarefied gas // verdünntes Gas: в физике — газ, находящийся под давлением меньшим, чем атмосферное давление у поверхности

Земли, например, воздух на некоторой высоте над поверхностью.

разрѐз / cut, cross-cut; section // Schnitt *m*: сечение. В *теории аналитических функций*: разрез (branch cut // Verzweigungsschnitt *m*) — вспомогательная граница, проводимая на комплексной плоскости для выделения однозначных ветвей многозначной функции (см. также *риманова поверхность*). «Поперечный разрез» / cross-section // Durchschnitt *m*.

разрѐзанная область, область с разрезами / slit-region // Schlitzgebiet *n*: см. *разрез*.

разрѐшающая способность, разрешающая сила / resolving power // Auflösungsvermögen *n*: в оптике — разрешающая способность оптического инструмента (*микроскопа, телескопа*) характеризует возможности прибора давать раздельные изображения двух близких одна к другой точек объекта. Наименьшее линейное (или угловое) расстояние между двумя точками, начиная с которого их изображения сливаются, называется линейным (соответственно, угловым) пределом разрешения. Реальные оптические инструменты формируют оптическое изображение с помощью пучка света, ограниченного диафрагмами или оправами линз (зеркал). Поэтому даже при отсутствии *аббераций* оптическая система вследствие *дифракции* света отображает точку предмета в виде круглого пятна конечных размеров, окруженного попеременно темными и светлыми кольцами. В соответствии с условным критерием, введенным английским физиком Дж. Рэлеем, изображения двух светлых точек можно видеть раздельно, если светлый центр дифракционного пятна одного из них совпадает с краем первого темного кольца второго. Этому соответствует минимальное разрешимое угловое расстояние между точками объекта $\Delta\varphi = 1,21 \lambda/D$, где λ — длина волны света, D — диаметр входного зрачка оптической системы (диаметр объектива телескопа). Наличие аббераций и дефектов изготовления оптических деталей снижает разрешающую силу реальных инструментов по сравнению с приведенным теоретическим пределом.

разрѐшающее ядро́ / resolvent kernel, solving kernel // lösender Kern: для *интегрального уравнения* $y(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x, \xi)y(\xi) d\xi$, содержащего параметр λ , разрешающим ядром или резольвентой называют функцию $G(x, \xi, \lambda)$, при помощи которой решение $y(x)$ уравнения представляют в виде $y = f(x) + \lambda \int_a^b G(x, \xi, \lambda)f(\xi) d\xi$. Такое представление имеет место, если λ не является собственным значением интегрального уравнения.

разрѐшение 1 / resolution // Auflösung *f*: в оптике — разрешение оптических инструментов (см. *разрѐшающая способность*).

разрѐшение 2 / permission // Erlaubnis *f*, Bewilligung *f*, Genehmigung *f*: позволение, положительный ответ на вопрос «можно ли?»

разрѐшенная зóна / allowed band, permitted band // erlaubter Energiebereich, erlaubte Zone, erlaubtes Band: область значений энергии,

которые может принимать квантовая система. Согласно квантовой теории твердого тела, энергетический спектр электронов в кристалле состоит из чередующихся полос (зон) разрешенных и запрещенных энергий. Зонная теория объясняет ряд свойств кристаллов, связанных с поведением электронов, в частности, характер *электропроводности*. В *диэлектриках* высшая из разрешенных зон, заполненных электронами (валентная зона), заполнена целиком, а следующая разрешенная зона (*зона проводимости*) отделена от заполненной валентной зоны широкой запрещенной зоной; поэтому в таком кристалле нет свободных носителей заряда и он является изолятором. При малой ширине запрещенной зоны часть электронов из валентной зоны благодаря тепловому возбуждению оказывается в зоне проводимости. В результате там появляются отрицательно заряженные *квазичастицы* (электроны проводимости), а в валентной зоне появляются положительно заряженные носители тока — *дырки*. Такой кристалл — *полупроводник*. Если верхняя из содержащих электроны зон заполнена электронами частично, то это *металл*.

разрешимость / solvability // Lösbarkeit f : в математике — существование решения задачи, уравнения, системы уравнений.

разрушение / destruction, collapse, fracture // Zerstörung f , Vernichtung f : распад, излом, уничтожение.

разрыв / discontinuity // Unstetigkeit f : в математике: разрыв непрерывности — нарушение *непрерывности* функции. Пусть функция $f(x)$ определена на интервале $I = (a, b)$ и непрерывна во всех точках I кроме некоторой точки c между a и b , т.е. $a < c < b$. Говорят, что функция $f(x)$ имеет в точке c разрыв 1-го рода, если в этой точке существуют конечные пределы функции слева: $f_- = \lim_{x \rightarrow c-0} f(x)$ и справа: $f_+ = \lim_{x \rightarrow c+0} f(x)$. При этом, если $f_- \neq f_+$, разрыв называется неустранимым, а разность $f_+ - f_-$ называется скачком функции в точке c . Если $f_- = f_+ \neq f(c)$, разрыв называется устранимым; он исчезает, если положить $f(c) = f_-$. Если же хотя бы один из пределов слева или справа равен бесконечности или вообще не существует (как, например, у функции $\sin \frac{1}{x}$ при $x = 0$), то в точке c — разрыв 2-го рода. Примеры: $e^{-\frac{1}{x^2}}$ имеет в точке $x = 0$ устранимый разрыв; $e^{\frac{1}{x}}$ имеет бесконечный разрыв в той же точке.

разрыв цепи / break of the circuit // Unterbrechung des Stromkreises: в физике и технике — отсутствие контакта в электрической цепи, препятствующее прохождению тока по цепи.

разряд 1 / digit // Stelle f : в математике — позиция цифры при позиционной записи числа в какой-либо системе счисления. «Значащий разряд» / significant digit // bedeutsame Stelle /// «десятичный разряд» / decimal digit // Dezimalstelle f /// «двоичный разряд» / binary digit, bit

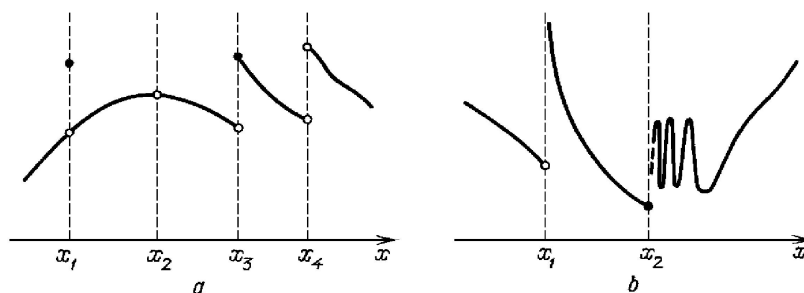


Рис. 151: Разрывы непрерывности

// binäre Ziffer, Bit n /// «цифра второго разряда» / second-order digit // Zehner m /// «разряд десятков» / tens digit // Zehnerstelle f /// «разряд единиц» / ones digit, unit's place // Einerstelle f .

разряд 2 / discharge / Entladung f : электрический разряд в газе — протекание электрического тока через газовую среду, сопровождающееся изменением состояния газа (ионизацией и возбуждением молекул). Существует множество видов электрических разрядов в газах (тлеющий, коронный, дуговой, искровой и т.д.). Молния — крупномасштабный искровой разряд в воздухе между разноимённо заряженными облаками (или облаком и землёй).

разрядка 1 / discharge, discharging, unloading // Entladung f : разрядка конденсатора — протекание тока от одной обкладки к другой, в результате чего конденсатор разряжается.

разрядка 2 / spacing, space-out printing // Sperrung f , Sperrschrift f : типографский термин, означающий написание слов с пробелами между буквами, например: р а з р я д к а. Применяется для выделения слов или фраз.

ракéта / rocket // Rakete f : аппарат, способный развивать реактивную тягу. Ракеты находят весьма широкое применение: от сигнальных ракет и праздничных фейерверков до боевых ракет, способных нести ядерные заряды, а также многоступенчатых космических ракет, выводящих на орбиту спутники Земли и межпланетные космические аппараты.

ра́мка / frame, framework // Rahmen m : «в рамках нашего семинара» / in framework of our seminar // in Rahmen unseres Seminars.

ранг матрицы / rank of matrix // Rang m : наибольший порядок отличных от нуля *миноров* матрицы. Это означает, что если среди миноров порядка r имеется хотя бы один не равный нулю, а все миноры порядка $r+1$ равны нулю, то ранг матрицы равен r . Теорема: Ранг матрицы равен количеству *линейно независимых* строк и равен количеству линейно независимых

столбцов матрицы. Пример: ранг матрицы A :

$$(*) \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 4 \\ 2 & 1 & -1 & 2 \\ 3 & 4 & -1 & 6 \end{pmatrix}; \quad \tilde{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 4 \\ 0 & -5 & -1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

равен 2, так как $\begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} \neq 0$, а все миноры порядка 3 равны нулю.

Поскольку ранг матрицы не меняется при *элементарных преобразованиях* матрицы, то для нахождения ранга целесообразно привести матрицу к треугольному (или «ступенчатому») виду, пользуясь элементарными преобразованиями. В данном примере: если из 2-й строки вычесть удвоенную 1-ю строку, а из 3-й — утроенную 1-ю, а затем из 3-й строки вычесть 2-ю, то получится матрица $\tilde{A}$ в формуле (*); очевидно, её ранг равен 2.

раскалённый / incandescent, glowing // glühend: очень сильно нагретый (до испускания видимого *света*).

раска́чивать / swing // in Schwung bringen: с помощью внешнего воздействия увеличивать амплитуду колебаний колебательной системы, например, раскачивать *маятник*.

раскра́шивать / color // kolorieren, (bunt) färben, bemalen: окрашивать различные части предмета в различные цвета. См. также *задачу о четырёх красках*.

раскрыва́ть ско́бки / remove the parentheses, multiply out // die Klammern auflösen: в математике — преобразовывать выражение вида $a(b + c)$ к виду $ab + ac$.

распа́д / disintegration, decay, decomposition // Zerfall m : процесс, при котором объект разделяется на части (обычно самопроизвольно). См. также *радиоактивность*.

распада́ющаяся систе́ма / decomposing system, reduced system // zerfallendes System: в математике — *система уравнений*, состоящая из двух или более подсистем (т.е. систем из меньшего числа уравнений), таких, что неизвестные, входящие в какую-либо подсистему, не содержатся в других подсистемах. Таким образом, распадающаяся система состоит из нескольких независимых подсистем.

распознава́ние о́бразов / pattern recognition // Gestalterkennung f : раздел *кибернетики*, разрабатывающий методы классификации, а также идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций — всех тех объектов, которые могут быть описаны конечным набором некоторых признаков и свойств, характеризующих объект. Прикладные задачи, решаемые методами распознавания образов, возникают при идентификации текстов, фотоизображений, при автоматическом распознавании речи, в медицинской диагностике, при геологическом прогнозировании, оценке

экономических, политических, производственных ситуаций, при классификации социологического материала и т.п.

распределение 1) distribution, generalized function // Distribution f , verallgemeinerte Funktion: то же, что *обобщённая функция*; 2) см. *распределение вероятностей*.

распределение Больцмана / Boltzmann distribution // Boltzmann-Verteilung f , Boltzmannsche Verteilung: функция распределения (плотность распределения) по импульсам $\vec{p}$ и координатам $\vec{r}$ частиц идеального газа, находящегося в состоянии термодинамического равновесия во внешнем потенциальном поле:

$$f(\vec{p}, \vec{r}) = A \exp \left(- \frac{p^2/(2m) + U(\vec{r})}{kT} \right). \quad (1)$$

Здесь $p^2/(2m)$ — кинетическая энергия молекулы массой m , $U(\vec{r})$ — её потенциальная энергия во внешнем поле, T — абсолютная температура газа, k — *постоянная Больцмана*. Постоянная A находится из условия, что суммарное число частиц, находящихся в различных возможных состояниях, равно полному числу частиц в системе (условие нормировки). В отсутствие внешнего поля (при $U(\vec{r}) = 0$) распределение Больцмана переходит в *распределение Максвелла* по импульсам. Иногда функцию распределения (1) называют распределением Максвелла – Больцмана, а распределением Больцмана называют проинтегрированную по импульсам функцию (1), т.е. плотность числа частиц в точке $\vec{r}$:

$$n(\vec{r}) = n_0 \exp \left(- \frac{U(\vec{r})}{kT} \right). \quad (2)$$

Здесь n_0 — плотность числа частиц в точке $\vec{r}_0$, где потенциальная энергия принята равной нулю: $U(\vec{r}_0) = 0$. В частности, из распределения Больцмана (2) следует барометрическая формула, определяющая распределение молекул по высоте (по координате z) в поле тяготения над земной поверхностью. В этом случае $U(z) = mgz$ (g — ускорение свободного падения), и формула (2) даёт:

$$n(z) = n_0 \exp \left(- \frac{mgz}{kT} \right), \quad (3)$$

где n_0 — плотность числа частиц в точке $z = 0$. Из формулы (3) следует, что в условиях термодинамического равновесия давление газа $p(z) = n(z)kT$ также экспоненциально убывает с высотой.

распределение вероятностей / probability distribution // Wahrscheinlichkeitsverteilung f : одно из основных понятий *теории вероятностей*. Распределение вероятностей для дискретной *случайной величины* задаётся набором возможных значений этой величины и их соответствующими

вероятностями, а для непрерывной случайной величины X — *плотностью распределения* $f(x)$.

распределение Мákсвелла 1 / Maxwellian distribution // Maxwell-Verteilung f : в *теории вероятностей* и *математической статистике*: распределение вероятностей с плотностью $f(x) = 0$ при $x < 0$, $f(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{x^2}{\sigma^3} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$ при $x \geq 0$, где σ — положительный параметр. Если X_1, X_2, X_3 — независимые *случайные величины*, имеющие *нормальное распределение* с параметрами 0 и σ , то случайная величина $\sqrt{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2}$ имеет распределение Максвелла с плотностью $f(x)$. Это означает, что модуль случайного вектора, координаты которого независимы и одинаково нормально распределены, подчиняется распределению Максвелла. В частности, так распределены скорости частиц в задачах *статистической физики*.

распределение Мákсвелла 2 / Maxwellian distribution // Maxwell-Verteilung f : в *физике*: распределение (плотность распределения) по скоростям (или импульсам) молекул в физической системе, находящейся в состоянии термодинамического равновесия при условии, что движение молекул подчиняется законам классической механики (например, в классическом идеальном газе). Согласно распределению Максвелла, вероятность $f(v_x)dv_x$ того, что молекула имеет проекцию скорости v_x на какое-либо направление (ось x) в интервале $(v_x, v_x + dv_x)$, равна

$$f(v_x)dv_x = \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right) dv_x. \quad (1)$$

Здесь $mv_x^2/2$ — кинетическая энергия молекулы, m — масса молекулы, T — абсолютная температура, k — *постоянная Больцмана*.

Распределением Максвелла называют также функцию, определяющую вероятность того, что абсолютное значение (модуль) скорости молекулы v лежит в заданном интервале $(v, v + dv)$:

$$f(v)dv = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right) v^2 dv. \quad (2)$$

Функция $f(v)$ имеет максимум при скорости $v = \sqrt{2kT/m}$, называемой наиболее вероятной (наивероятнейшей) скоростью. Для молекул водорода при $T = 273$ К наивероятнейшая скорость равна 1506 м/с. При помощи распределения Максвелла (2) можно вычислить среднее значение любой функции скорости. В частности, средняя скорость хаотического теплового движения молекул $\langle v \rangle$ (среднее значение модуля скорости) равна:

$$\langle v \rangle = \int_0^\infty v f(v) dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}. \quad (3)$$

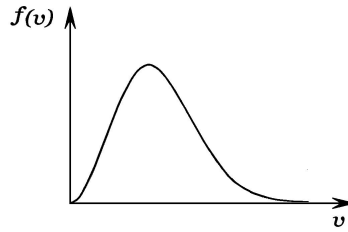


Рис. 152: Распределение Максвелла

Среднеквадратичная скорость молекул $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ равна $\sqrt{3kT/m}$.

распределение Пуассона / Poisson distribution // Poisson-Verteilung *f*: в теории вероятностей — распределение вероятностей дискретной случайной величины X , принимающей значения $k = 0, 1, 2, \dots$ с вероятностями $p_k = \frac{1}{k!} \lambda^k e^{-\lambda}$, где $\lambda > 0$ — параметр. Математическое ожидание и дисперсия равны λ . Распределение Пуассона приближённо описывает вероятность появления k раз события A в серии из n независимых испытаний, если вероятность события A при каждом испытании равна p , причём $\lambda = np$, $p \ll 1$ и $n \gg 1$ (см. также *биномиальное распределение*). При $\lambda \rightarrow \infty$ случайная величина $\frac{X-\lambda}{\sqrt{\lambda}}$ имеет в пределе *нормальное распределение*.

распределение равномерное: см. *равномерное распределение*.

распределение Стьюдента, *t*-распределение / t-distribution, Student's distribution // t-Verteilung *f*, Student-Verteilung *f*: пусть X и Y — независимые случайные величины, X распределена по *нормальному закону* с параметрами $a = 0$, $\sigma = 1$, и $Y = \sqrt{\chi^2/n}$, где χ^2 — случайная величина, имеющая *хи-квадрат распределение* с n степенями свободы. Тогда величина $T = X/Y$ имеет т.н. *распределение Стьюдента*, или *t-распределение*; плотность этого распределения задаётся формулой

$$f_n(x) = \frac{\Gamma(\frac{n+1}{2})}{\sqrt{\pi n} \Gamma(\frac{n}{2})} \left(1 + \frac{x^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}},$$

где Γ — *гамма-функция*, $n > 0$ — параметр, называемый числом степеней свободы. При $n \gg 1$ (практически при $n \geq 30$) распределение Стьюдента переходит в нормальное распределение с $a = 0$, $\sigma = 1$. Распределение Стьюдента используется в *математической статистике*, в частности, при *обработке наблюдений*.

распределение хи-квадрат: см. *хи-квадрат распределение*.

распределительность: то же, что *дистрибутивность*.

распространение 1) propagation // Verbreitung *f*: процесс, при котором *распространяется* какое-либо вещество, свойство или информация, например:

волна — это распространение колебаний в пространстве; «Знание» — общество по распространению научных знаний; 2) / spreading // Verbreitung *f*: результат распространения (1). Например, английский язык получил в 20-м веке широкое распространение в научном и деловом мире.

распространение радиоволн / radio wave propagation // Funkwellenausbreitung *f*: процесс передачи электромагнитных колебаний радиодиапазона (*радиоволн*) в пространстве от передатчика к приёмнику. Распространение радиоволн в свободном пространстве происходит со скоростью света *c*. В однородных средах радиоволны распространяются прямолинейно, подобно световым лучам, т.е. в соответствии с законами *геометрической оптики*. Реальные среды, как правило, неоднородны, т.е. *фазовая скорость* волн различна в разных участках среды. Это приводит к искривлению траектории радиоволн — происходит рефракция (*преломление*) радиоволн. В случае плавных (в масштабе длины волны λ) неоднородностей рефракция описывается в приближении геометрической оптики.

Нарушение законов геометрической оптики связано с *дифракцией* радиоволн, вследствие которой радиоволны могут проникать в область геометрической тени. Дифракция особенно существенна в тех случаях, когда размеры препятствий, т.е. непрозрачных для радиоволн тел, сравнимы с длиной волны λ . На распространение радиоволн большое влияние оказывает поверхность Земли и *ионосфера*. Радиоволны низких частот (30 – 300 кГц) огибают земную поверхность вследствие волноводного распространения и дифракции и способны равномерно покрывать большие площади. Средние волны (300 – 3000 кГц) днём распространяются вдоль поверхности Земли (прямая волна). Ночью появляется ионосферная волна, и дальность приёма на средних волнах возрастает. Короткие волны (3 – 30 МГц) отражаются ионосферой и поверхностью Земли, что обеспечивает возможность радиосвязи как на малых, так и на больших расстояниях при сравнительно небольшой мощности передатчика. Особенность радиосвязи в этом диапазоне — наличие замираний (фединга) сигнала из-за изменений условий отражения от ионосферы и интерференционных эффектов. Ионосферные бури вызывают прерывание связи. Волны более высоких частот (более 30 МГц) позволяют передавать сигналы в широкой полосе частот и низком уровне помех при дальности 50 – 100 км, обеспечивая высококачественное радио- и телевизионное вещание. Волны с частотой выше 1000 МГц распространяются в основном в пределах прямой видимости при низком уровне шумов и используются в многоканальных системах широкополосной связи.

распространяться / propagate, extend, spread // sich verbreiten, sich ausdehnen: расширяться, с течением времени занимать всё более обширные части пространства. «Свет распространяется со скоростью около 300 000 км/с» / the light propagates with the speed about 300 000 km/s // das Licht ver-

breitet sich mit der Geschwindigkeit rund 300 000 km/s.

рассеивание, рассеяние / scattering, dispersion, dissipation // Streuung *f*: в физике — процесс, при котором какое-нибудь препятствие *рассеивает* что-либо (частицы или волны).

рассеивать / scatter // zerstreuen: в физике — воздействовать на прилетающие частицы или излучение так, что они разлетаются в стороны от первоначального направления. Например, гладкая (зеркальная) поверхность отражает падающий на неё *свет*, а шероховатая поверхность его рассеивает; *ядро атома* рассеивает налетающие на него *альфа-частицы*.

рассеяние: то же, что *рассеивание*.

рассеяние микрочастиц / scattering of microparticles // Streuung der Mikroteilchen: процессы столкновений частиц, в результате которых изменяются их импульсы. Если внутренние состояния частиц при этом не изменяются, рассеяние называется упругим, в противном случае — квазиупругим. Если в результате столкновения образуются новые частицы, рассеяние называется неупругим.

Задачу рассеяния двух частиц с массами m_1 и m_2 можно свести путем перехода к системе центра масс частиц к задаче рассеяния одной частицы с приведенной массой $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ на неподвижном силовом центре. Траектория частицы, проходящей через силовое поле, искривляется — происходит рассеяние. Угол между начальным и конечным импульсами рассеиваемой частицы называется углом рассеяния. Угол рассеяния зависит от взаимодействия между частицами и от прицельного параметра — расстояния от силового центра до прямой, по которой пролетела бы частица в отсутствие взаимодействия. На опыте обычно направляют на мишень из исследуемого вещества пучок частиц и измеряют угловое распределение рассеянных частиц. Изучение процессов рассеяния позволяет получить важную информацию о свойствах микрочастиц. В опытах английского физика Э. Резерфорда по рассеянию альфа-частиц на неподвижных атомах в 1911 г. было открыто *атомное ядро*.

рассеяние света / light scattering // Lichtstreuung *f*: изменение характеристик потока *оптического излучения* (света) при его взаимодействии с веществом. В результате рассеяния могут изменяться пространственное распределение интенсивности, частотный *спектр*, *поляризация света*. Падающая световая волна возбуждает в частицах среды *вынужденные колебания* электрических зарядов, которые становятся источниками вторичных световых волн, распространяющихся по всем направлениям.

В случае упругого (без изменения частоты) рассеяния падающей волны в идеально однородной среде сложение всех когерентных вторичных волн с падающей волной дает результирующую волну, распространяющуюся в прежнем направлении (без рассеяния) с изменённой *фазовой скоростью*,

определяемой *показателем преломления* среды. Поэтому эффект рассеяния возможен только из-за нарушений однородности среды. Нарушения однородности в чистом веществе обусловлены тепловыми *флуктуациями*, которые вызывают так называемое молекулярное рассеяние света. В этом случае интенсивность рассеянного света пропорциональна четвертой степени частоты, т.е. синий свет с частотой, вдвое большей частоты красного света, рассеивается в 16 раз сильнее. Этим объясняется голубой цвет неба, так как чистый атмосферный воздух рассеивает синюю составляющую сплошного спектра солнечного света гораздо сильнее, чем красную. Широкий класс оптических явлений, в том числе наблюдаемых в атмосфере (ореолы, радуги, гало, багровые закаты), связан с рассеянием света мелкими частицами (мутной средой).

расслоение / foliation // Blätterung f : пусть X и B — топологические пространства. Непрерывное отображение $\pi : X \rightarrow B$ называется расслоением, если π — сюръекция, т.е. образ X совпадает со всем пространством B (или, что то же, для любого $b \in B$ существуют такие $x \in X$, что $\pi(x) = b$). При этом X называется пространством расслоения, B — базой расслоения, π — проекцией расслоения. Прообраз $\pi^{-1}(b)$ элемента $b \in B$ (т.е. подмножество элементов $x \in X$ такое, что $\pi(x) = b$) называется слоем над b . Пример: функция $y = x^2$, $x \in (-\infty, +\infty)$, задаёт расслоение, при котором полуось $B = [0, +\infty)$ является базой, вся ось $X = (-\infty, +\infty)$ — расслоенным пространством, а каждой точке $b \in B$ отвечает слой, состоящий из точек $\pm\sqrt{b} \in X$.

расслоённое пространство / foliated space // geblätterter Raum: то же, что пространство *расслоения*.

рассматривать / consider, examine // betrachten: изучать, обсуждать. «Рассмотрим уравнение Лапласа» / let's consider the Laplace equation // wir werden die Laplacesche Gleichung betrachten.

расстояние / distance, space // Abstand m , Entfernung f , Distanz f , Strecke f : расстояние между двумя точками — это длина отрезка, соединяющего эти точки.

раствор 1 / solution // Lösung f : в физике и химии: раствор вещества в жидкости — однородная смесь жидкости и вещества, в которой молекулы этого вещества располагаются между молекулами жидкости. Относительное количество растворённого вещества характеризуется *концентрацией* раствора. Насыщенный раствор — раствор максимальной концентрации.

раствор 2 / opening // Öffnung f : в геометрии: раствор *угла* — величина угла (в *градусах* или *радианах*).

растр / raster // Raster m : система, состоящая из большого числа одинаковых элементов (отверстий, призм, линз и т.п.), определённым образом расположенных на какой-либо поверхности. Растр применяется

для структурного преобразования направленного пучка света. Растр применяется в полиграфии для печати полутоновых изображений, в фотографии для получения стереоскопических изображений, в научной фотографии для высокоскоростной растровой фоторегистрации, и во многих других областях науки и техники.

растущий: в физике и математике — то же, что *возрастающий*.

растяжение / stretch, extension, stretching, strain // Ausdehnung f , Streckung f : простейший (как и *сжатие*) вид деформации, возникающий в однородном стержне, когда к его концевым сечениям приложены силы, направленные вдоль оси стержня. Удлинение Δl стержня длиной l под действием силы F , равномерно распределенной по поперечному сечению площадью S , при упругих деформациях определяется *законом Гука*: $\Delta l/l = F/ES$, где E — *модуль Юнга*. При удлинении стержня его поперечное сечение уменьшается. Отношение относительного уменьшения поперечных размеров к относительному растяжению равно коэффициенту Пуассона σ . Модуль Юнга E и коэффициент Пуассона σ полностью характеризуют упругие свойства изотропного материала.

растяжимый / expansible, tensile, stretchable // dehnbar: в физике — обладающий свойством растягиваться, т.е. увеличивать свой размер под действием приложенных сил.

расход 1 / expenditure, expenses, outlay, consumption // Ausgabe f , Auslage f , Verbrauch m : издержки, затраты; потребление.

расход 2 / rate of flow // Durchflussmenge f : расход жидкости или газа — количество жидкости (газа), протекающее в единицу времени через поперечное сечение потока. Если количество вещества измеряется по его объёму, расход называют объёмным, если по массе — массовым. Для потока, протекающего по трубопроводу, объёмный и массовый расходы несжимаемой жидкости одинаковы во всех сечениях, а для сжимаемой жидкости (газа) массовый поток одинаков во всех сечениях.

расходимость / divergence // Divergenz f : в математике: а) то же, что *дивергенция*; б) расходимость *ряда* — свойство ряда *расходиться*.

расходиться / diverge // divergieren: в математике: утверждение «ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ расходится» означает, что он не сходится, т.е. что $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n a_k$ не существует.

расчёт: в математике, физике — то же, что *вычисление*.

расширение / extension, dilatation, expansion // Ausdehnung f , Verbreitung f : в физике: расширение тел — увеличение линейных размеров и объёма тел, в частности, *тепловое расширение*. В математике: распространение какого-либо понятия на дополнительные объекты, обобщение, доопределение. Например, *расширение оператора*, расширение понятия *числа*.

расширение оператора / extension of an operator // Erweiterung

des Operators: расширение области определения *оператора*: если $D(A) \subset D(B)$ и $Ax = Bx$ для всякого $x \in D(A)$, то оператор B называют расширением оператора A . Иногда правило действия расширенного оператора приходится понимать в каком-нибудь обобщённом смысле. См. также *симметричный оператор*.

расширение Вселенной / Universe expansion // Ausdehnung des Universums: в космологической нестационарной модели однородной и изотропной «горячей» Вселенной расстояния между галактиками возрастают со временем. Вывод о нестационарности подтверждается космологическим *красным смещением*: наблюдаемая область Вселенной расширяется, и это расширение длится по меньшей мере несколько миллиардов лет. Концепция «горячей» Вселенной подтверждается открытым в 1965 г. *реликтовым излучением*, которое оказалось в высокой мере изотропным, а его спектр — равновесным (см. *равновесное излучение*) с температурой около 3 К.

расширенная комплексная плоскость / extended complex plane // abgeschlossene komplexe Ebene: *комплексная плоскость* z , к которой условно присоединена «бесконечно удалённая точка» $z = \infty$. Такое расширение геометрически можно осуществить при помощи *стереографической проекции*. В формулах, где встречается запись вида $f(\infty)$, подразумевается предел $\lim_{z \rightarrow \infty} f(z)$.

расширенная матрица / augmented matrix // erweiterte Matrix: в алгебре — матрица, к которой приписан справа дополнительно столбец (столбцы). Обычно применяется при решении *систем линейных алгебраических уравнений*. Расширенная матрица изображает систему в более компактной форме. Пример системы и соответствующей расширенной матрицы:

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 4x_4 = b_1 \\ 2x_1 + x_2 - x_3 + 2x_4 = b_2 \\ 3x_1 + 4x_2 - x_3 + 6x_4 = b_3 \end{cases}, \quad \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 3 & 0 & 4 & b_1 \\ 2 & 1 & -1 & 2 & b_2 \\ 3 & 4 & -1 & 6 & b_3 \end{array} \right).$$

В терминах матрицы коэффициентов и расширенной матрицы формулируется *теорема Кронекера–Капелли* о существовании решения системы.

расщепление 1 / splitting // Spaltung f : расщепление *спектральных линий*: увеличение числа компонент спектральной линии из-за расщепления *энергетических уровней*, т.е. образования нескольких подуровней из каждого уровня энергии атома или атомного ядра, вызванного внешними или внутренними электрическими или магнитными полями.

расщепление 2 / disintegration, decomposition, splitting // Spaltung f : разделение на части, например, расщепление атомного ядра; «расщеплённый» / decomposed // zerspaltet.

рациональное число / rational number // rationale Zahl: число вида $\frac{m}{n}$, где m и n — *целые числа*. Рациональных чисел бесконечно много.

Множество рациональных чисел (обозначается: $\mathbb{Q}$) является *счётным множеством*. Точки на числовой прямой, изображающие рациональные числа, расположены всюду плотно: между любыми двумя точками с рациональными координатами найдутся ещё точки с рациональными координатами (например, средняя точка соответствующего отрезка). См. также *иррациональное число*.

реакти́вный / reactive, jet // reaktiv: в физике — движущийся под действием *сил реакции*. «Реактивный двигатель» / jet engine, jet machine // Düsenantrieb *m* /// «Реактивный самолёт» / jet plane, jet aircraft // Düsenflugzeug *n*.

реакти́вное сопроти́вление / reactance // Blindwiderstand *m*: см. *полное сопротивление*.

реа́ктор / reactor // Reaktor *m*: *ядерный реактор*: в физике и технике — сооружение, в котором осуществляются ядерные реакции и при этом выделяется большое количество энергии.

реа́кция / reaction // Reaktion *f*: ответ, отклик. В ядерной физике — процесс, при котором взаимодействуют *элементарные частицы* и происходят превращения атомных ядер (ядерные реакции). В химии — процесс, при котором происходят химические превращения. Реакция излучения — сила, действующая на ускоренно движущуюся заряженную частицу со стороны создаваемого ею поля электромагнитного излучения.

ребро́ / edge, rib // Kante *f*, Rippe *f*: в геометрии — линия пересечения двух соседних граней *многогранника*.

ребро́ гра́фа / (unoriented) edge of a graph // Strecke eines Graphen: неориентированная линия, соединяющая две вершины *графа*.

ревербе́рация / reverberation // Nachhall *m*: в архитектурной акустике — эффект постепенного затухания звука в закрытом помещении после выключения источника звука. Явление возникает из-за отражения звуковых волн от стен, пола и потолка помещения. В концертных залах время реверберации обычно порядка долей секунды, в храмах может достигать нескольких секунд. В звукозаписи применяется искусственная (электронная) реверберация.

регíстр / register // Register *n*: в информатике — маленький участок памяти компьютера, выделенный для быстрой записи и чтения информации при работе компьютера.

регрéссия / regression // Regression *f*: 1) в *теории вероятностей* регрессия характеризует зависимость среднего значения какой-либо *случайной величины* от некоторой другой случайной величины или от нескольких величин. Пусть X и Y — случайные величины, $F(x, y) = P(X < x, Y < y)$ — их *совместное распределение* вероятностей, и $M(Y|X = x)$ — условное математическое ожидание Y при условии, что случайная величина X

имеет значение x . Зависимость $m(x) = M(Y|X = x)$ называется регрессией Y по x , график функции $y = m(x)$ — линией регрессии, а переменная x — регрессором. Аналогично определяется регрессия X по y . Точность, с которой линия регрессии передаёт изменение в среднем Y при изменении x , измеряется условной дисперсией $\sigma^2(x) = D(Y|X = x)$. Если $\sigma^2(x) \equiv 0$, то с вероятностью 1 величины Y и X связаны строгой функциональной зависимостью; если $\sigma^2(x) \neq 0$ и $m(x) \equiv Const$ при любых x , то регрессия Y по x отсутствует. Функция $m(x)$ обладает минимальным свойством: в множестве $\{\phi\}$ всех действительных функций минимум математического ожидания $M[(Y - \phi(x))^2]$ достигается при $\phi(x) = m(x)$.

Наиболее важен частный случай, когда регрессия линейна: $M(Y|X = x) = \beta_0 x + \beta_1$; коэффициенты регрессии вычисляются по формулам $\beta_0 = \rho\gamma$, $\beta_1 = MY - MX \cdot \beta_0$, где ρ — коэффициент корреляции, $\gamma = \sqrt{\frac{D(Y)}{D(X)}}$. При нормальном совместном распределении Y и X регрессия линейна.

2) В условиях статистических приложений, когда для точного определения регрессии нет достаточных сведений о законе совместного распределения случайных величин, параметры регрессии оцениваются с помощью приближённых формул.

регуляриза́ция / regularization // Regularisation f , Regularisierung f : использование той или иной формы отбора допустимых решений при построении приближённых решений *некорректно поставленных задач*.

регуля́рная фу́нкция / regular function // reguläre Funktion: *однозначная функция $f(z)$ комплексного переменного z , заданная в области D , называется регулярной (или голоморфной) в этой области, если существует производная $f'(z)$ в каждой точке D* . Теоремы: 1) регулярная функция бесконечно дифференцируема; 2) функция, регулярная в окрестности $|z - z_0| < r$ точки z_0 , может быть разложена в этой окрестности в *ряд Тейлора*:

$$f(z) = f(z_0) + f'(z_0)(z - z_0) + \frac{1}{2!}f''(z_0)(z - z_0)^2 + \frac{1}{3!}f'''(z_0)(z - z_0)^3 + \dots$$

Во всяком замкнутом круге вида $|z - z_0| \leq \rho$ при $\rho < r$ ряд сходится равномерно, и его можно почленно дифференцировать и интегрировать.

регуля́рно о́собая то́чка, регулярная особая точка / regularly singular point // schwach singulärer Punkt: *дифференциальное уравнение (ДУ) $w'' + p(z)w' + q(z)w = 0$ рассматривается на комплексной плоскости z , причём коэффициенты $p(z)$ и $q(z)$ предполагаются однозначными регулярными функциями в проколотой окрестности точки $z_0 \neq \infty$, т.е. при $0 < |z - z_0| < r$. Точка z_0 называется особой точкой ДУ, если хотя бы один из коэффициентов уравнения имеет в этой точке полюс или существенно особую точку*. Особая точка z_0 называется регулярно особой (или правильной

особой, или слабо сингулярной) точкой ДУ, если z_0 — полюс не выше 1-го порядка для $p(z)$ и полюс не выше 2-го порядка для $q(z)$. Особые точки, не являющиеся регулярно особыми, называются иррегулярно особыми точками. Пример: $z = 0$ для уравнения $z^2(z-1)^2w'' + zw' + (z-1)^2w = 0$ — регулярно особая точка, $z = 1$ — иррегулярно особая точка.

В окрестности регулярно особой точки можно построить два *линейно независимых* решения ДУ в виде т.н. обобщённых степенных рядов. Пусть разложение в *ряд Лорана* коэффициентов уравнения имеет вид

$$p(z) = \frac{p_0}{z - z_0} + p_1 + p_2(z - z_0) + \dots, \quad q(z) = \frac{q_0}{(z - z_0)^2} + \frac{q_1}{z - z_0} + q_2 + \dots$$

Составим «определяющее уравнение» $\rho(\rho - 1) + p_0\rho + q_0 = 0$, его корни обозначим ρ_1 и ρ_2 . Если разность $r = \rho_1 - \rho_2$ не есть целое число, то существуют два линейно независимых решения вида

$$w_1(z) = (z - z_0)^{\rho_1} \sum_{n=0}^{\infty} a_n(z - z_0)^n, \quad w_2(z) = (z - z_0)^{\rho_2} \sum_{n=0}^{\infty} b_n(z - z_0)^n,$$

Если $r = m \geq 0$ — число целое, то решение w_1 сохраняет вид, а 2-е решение выглядит иначе:

$$w_2(z) = Aw_1(z) \ln(z - z_0) + (z - z_0)^{\rho_2} \sum_{n=0}^{\infty} b_n(z - z_0)^n.$$

В этих выражениях a_0 и b_0 — произвольные постоянные, а остальные коэффициенты находятся последовательно при подстановке $w_k(z)$ в уравнение и приравнивании одинаковых степеней $(z - z_0)$. Ряды, входящие в данные представления, сходятся в окрестности точки z_0 .

регулярность / regularity // Regelmäßigkeit: правильность, упорядоченность. Регулярность функции — её свойство быть *регулярной функцией*.

редкоземельные элементы, редкие земли / rare-earth elements // seltene Erden *pl*: элементы из III группы *периодической системы химических элементов*: скандий (Sc, номер 21), иттрий (Y, номер 39), лантан (La, номер 57) и *лантаноиды* (номера 58–71).

редукция / reduction // Reduktion *f*: сокращение, уменьшение. В математике: редукция *системы уравнений* — приведение системы к системе с меньшим числом неизвестных и уравнений.

Резерфорд Эрнест (Ernest Rutherford, 1871–1937) — выдающийся английский физик, основоположник ядерной физики. Открыл альфа- и бета-лучи, заложил основы учения о радиоактивности и теории строения атома, открыл атомное ядро и предложил планетарную модель атома, впервые осуществил искусственную ядерную реакцию, предсказал существование нейтрона и дейтрона.

резистор / resistor // Widerstand m : электротехническое устройство, обеспечивающее заданное электрическое *сопротивление* в электрической цепи.

резко / sharply, abruptly // scharf: в математике и физике — быстро, внезапно, скачком, сильно; например, при переходе x через точку $x = 0$ поведение *функции Эйри* $Ai(x)$ резко меняется.

резкость / sharpness // Schärfe f : в оптике: резкость изображения — чёткость изображения, получаемого в фотоаппарате или другом оптическом приборе.

резольвента / resolvent // Resolvente f : резольвентой *линейного оператора* A , действующего в *банаховом пространстве* X , называется оператор $R_\lambda = (A - \lambda I)^{-1}$, при условии, что R_λ определён на всём пространстве X и является *ограниченным оператором*. Здесь λ — *комплексное число*; A — *замкнутый оператор* с областью определения $D(A)$, *плотной* в X ; I — *тождественный оператор*. Точки λ , для которых резольвента существует, называются *регулярными точками*, а совокупность всех регулярных точек — *резольвентным множеством* $\rho(A)$ оператора A . Множество точек комплексной плоскости, не принадлежащих $\rho(A)$, есть *спектр оператора*. Для любых двух точек $\lambda, \mu \in \rho(A)$ имеет место тождество *Гильберта*: $R_\lambda - R_\mu = (\lambda - \mu) R_\lambda R_\mu$.

резонанс / resonance // Resonanz f : 1) в физике (в теории *колебаний*) — относительно большой селективный (избирательный) отклик колебательной системы (*осциллятора*) на периодическое воздействие при совпадении (точном или приближённом) частоты собственных колебаний и частоты внешнего воздействия. При резонансе происходит резкое увеличение амплитуды *вынужденных колебаний* за счёт передачи системе энергии от источника внешнего воздействия. Рост амплитуды при резонансе ограничивается потерями (рассеянием) энергии в механических системах из-за трения, в электромагнитных — из-за активного сопротивления.

В системах с несколькими степенями свободы резонанс наступает всякий раз, когда частота синусоидального внешнего воздействия совпадает с одной из собственных частот системы (частот *нормальных колебаний*, см. также *моды колебаний*). Вынужденные колебания на каждом из резонансов происходят по типу собственных колебаний данной моды.

При принудительном периодическом изменении какого-либо энергоёмкого параметра колебательной системы возможен *параметрический резонанс*, для которого характерны иные закономерности, нежели для резонанса при прямом силовом воздействии на осциллятор.

Явление резонанса играет исключительно большую роль в природе, науке и технике. В радиотехнике благодаря резонансу можно отделить сигналы одной (нужной) радиостанции от всех других. Резонансный отбор

энергии у систем возбуждённых осцилляторов (атомов, молекул, квазичастиц в кристаллах и т.п.) — основа действия генераторов когерентного электромагнитного излучения (*мазеров* и *лазеров*). С помощью резонансных методов исследования получают информацию о строении вещества и происходящих в нем процессах (электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, циклотронный резонанс и др.)

2) В *ядерной физике* резонансами называют *элементарные частицы* с очень малым временем жизни — порядка 10^{-23} с.

резонáтор / resonator // Resonator *m*, Resonanzkreis *m*: в физике — колебательная система (*осциллятор*), способная совершать колебания большой амплитуды (резонировать) в ответ на внешнее воздействие определённой частоты и формы. В большинстве случаев резонаторы отзываются на гармонические (синусоидальные) воздействия, частота которых близка к частоте их собственных колебаний (см. *резонанс*). Примерами резонаторов могут служить *колебательный контур*, *объемный резонатор*, *открытый резонатор*.

результáт / result // Resultat *n*, Ergebnis *n*: то, что получается как следствие каких-либо действий, например, результат вычислений. «В результате получаем 0» / as a result, we obtain 0 // wir bekommen 0 als Ergebnis.

результíрующая сíла / resultant force // resultierende Kraft, Resultierende *f*: в механике — векторная *сумма сил*, приложенных к одной материальной точке.

резьбá / thread // Gewinde *n*: канавка в форме винтовой линии, имеющаяся на боковой поверхности винта, болта, шурупа или гайки. Если при вращении по часовой стрелке винт входит в гайку, резьба называется правой, в противном случае — левой. «Винт с правой резьбой» / right-thread screw, right-hand screw // rechte Schraube.

резюме́ / resume, summary, abstract // Resümee *n*, Zusammenfassung *f*: краткая сводка результатов.

Рéйнóльдс: см. *число Рейнольдса*.

рекомбина́ция / recombination // Rekombination *f*: исчезновение носителей заряда в результате столкновений носителей заряда противоположного знака. Ион-электронная рекомбинация — элементарный акт воссоединения положительного иона и свободного электрона, приводящий к образованию нейтрального атома или молекулы (или иона с меньшим на единицу зарядом). Рекомбинация электронов и дырок в *полупроводниках* — исчезновение пары *квазичастиц* «электрон проводимости — дырка» в результате перехода электрона из зоны проводимости в валентную зону. Избыток энергии может выделяться в виде излучения, либо (при безызлучательной рекомбинации) расходоваться на возбуждение колебаний кристаллической решетки. Излучательная

рекомбинация лежит в основе действия светоизлучающих диодов (светодиодов) и полупроводниковых *лазеров*.

рекуррентная фóрмула, рекуррентное соотношение / recursion [or: recurrence] relation // Rekursionsformel *f*, rekurrente Formel: соотношение вида $x_{n+p} = f(n, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+p-1})$, $n = 1, 2, \dots$. Если заданы начальные члены $x_1, \dots, x_p$ последовательности $x_1, x_2, \dots$, то рекуррентная формула позволяет вычислять любые члены последовательности. Примеры: 1) $x_{n+1} = q \cdot x_n$ — *геометрическая прогрессия* со знаменателем q , начальный член равен x_1 ; 2) $x_{n+2} = x_n + x_{n+1}$ — *числа Фибоначчи*, здесь начальные члены x_1 и x_2 (обычно полагают $x_1 = x_2 = 1$).

релаксация / relaxation // Relaxation *f*: процесс установления *термодинамического равновесия* в макроскопических физических системах (газах, жидкостях, твердых телах). Количественной характеристикой длительности процесса служит время релаксации. Строго говоря, время, необходимое для установления полного равновесия, бесконечно велико: когда отклонения параметров от своих равновесных значений малы, скорости их изменения пропорциональны этим отклонениям, откуда следует, что на этом этапе приближение к равновесию происходит по экспоненциальному закону. Под временем релаксации принято понимать время, в течение которого отклонения параметров от равновесных значений уменьшаются в $e \approx 2,72$ раза. Например, электроны в проводниках приходят в состояние равновесия за $10^{-13} - 10^{-14}$ с, а приближение к равновесию кристаллических структур земной коры длится геологические эпохи. Физическая система может, достигнув равновесия по одним параметрам, оставаться неравновесной по другим, т.е. находиться в состоянии частичного равновесия. Все процессы релаксации — *неравновесные процессы*, сопровождающиеся рассеянием (диссипацией) энергии и возрастанием *энтропии* системы.

рели́ктовое излу́чение / relict radiation // Reliktstrahlung *f*: одна из составляющих общего фона космического электромагнитного излучения. Реликтовое излучение равномерно распределено по небесной сфере (изотропно), а по интенсивности и спектральному составу соответствует излучению *абсолютно чёрного тела* при температуре около 3 К. Свойства реликтового излучения хорошо согласуются с предложенной американским физиком Г. Гамовым (G. Gamow, 1904–1968) моделью «горячей» Вселенной.

релятивистская мехáника / relativistic mechanics // relativistische Mechanik: раздел теоретической физики, в котором рассматриваются законы движения тел (частиц) при скоростях движения v , сравнимых со скоростью света c . Релятивистская механика основывается на специальной (=частной) *теории относительности*. Основные уравнения релятивистской механики — обобщение *второго закона Ньютона* и релятивистский закон сохранения энергии-импульса — удовлетворяют требованиям постулатов

теории относительности. Из них, в частности, следует, что материальные тела не могут двигаться со скоростями, превышающими c . При $v \ll c$ релятивистская механика переходит в *классическую механику* Ньютона.

релятивистский / relativistic // relativistisch: связанный с *теорией относительности*, относящийся к движениям со скоростями, сравнимыми со скоростью света c , например, *релятивистская механика*, релятивистская скорость.

ренормировка / renormalization // Umnormung f : то же, что *перенормировка*.

Рентгэн (Wilhelm Konrad Röntgen, 1845–1923): немецкий физик, Нобелевский лауреат (1901). Открыл и исследовал излучение, названное его именем. Исследовал также воздействие высокого давления на вещество, явление капиллярности и др.

рентгэн, Р / roentgen, R // Röntgen m, Röntgeneinheit f : внесистемная единица экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения, определяемая по их ионизирующему действию на сухой атмосферный воздух. При дозе 1 Р в объёме воздуха 1 см³ образуется такое число положительно и отрицательно заряженных ионов, что суммарный заряд ионов каждого знака равен 1 ед. заряда в системе СГС (см. *система единиц*).

рентгеновская дифракция, рентген-дифракция / X-ray diffraction // Röntgenbeugung f , Röntgendiffraktion f , Beugung von Röntgenstrahlen: отклонение рентгеновских лучей от поведения, предписываемого *геометрической оптикой*. См. также *дифракция*, *рентгеновский структурный анализ*.

рентгеновская кристаллография / X-ray crystallography // Röntgenkristallstrukturanalyse f : см. *рентгеновский структурный анализ*.

рентгеновская трубка / X-ray tube // Röntgenröhre f : электровакуумный прибор, служащий источником *рентгеновского излучения*, которое возникает при взаимодействии электронов, испускаемых катодом и ускоренных электрическим полем, с веществом анода (антикатада) рентгеновской трубки. Торможение электронов в веществе антикатада приводит к испусканию сплошного «тормозного» спектра (т.н. тормозное излучение). При достаточно больших энергиях ускоренных электронов на тормозной спектр накладывается так называемый характеристический спектр, состоящий из узких линий излучения ионизированных атомов вещества антикатада рентгеновской трубки. Эти линии возникают при спонтанных *квантовых переходах* электронов внутренних электронных оболочек из возбуждённых состояний в состояния с более низкой энергией. Рентгеновские трубки применяют в *рентгеновском структурном анализе*, дефектоскопии, рентгенодиагностике и рентгенотерапии и т.д.

рентгеновские лучи / X-rays // Röntgenstrahlen pl : *электромагнитные волны* с длиной волны от 0,01 Å до 150 Å. Широко применяются в медицине, физике и технике. См. также *рентгеновское излучение*.

рентгеновский структурный анализ, рентгеноструктурный анализ / X-ray structural analysis // Röntgenstrukturanalyse *f*: методы исследования структуры вещества по распределению в пространстве и интенсивностям *рентгеновского излучения*, рассеянного на исследуемом объекте. В основе методов лежит взаимодействие рентгеновского излучения длиной волны порядка 0,1 нм с электронами, входящими в состав вещества, в результате которого происходит *дифракция* рентгеновских лучей. Поскольку длина волны рентгеновского излучения меньше межатомных расстояний, возникающая дифракционная картина зависит от атомного строения объекта. Наиболее успешно рентгеноструктурный анализ применяют для установления атомной структуры кристаллических тел, так как *кристаллы* обладают строгой пространственной периодичностью строения и фактически представляют собой трехмерную *дифракционную решетку* для рентгеновского излучения.

рентгеновское излучение, рентгеновские лучи / X-ray emission // Röntgenstrahlung *f*: электромагнитное ионизирующее излучение, занимающее спектральную область между ультрафиолетовым и гамма-излучением в пределах длин волн от 10^{-5} до 10^{-12} см. Наиболее распространенные источники рентгеновского излучения — *рентгеновские трубки* и некоторые *радиоактивные изотопы*, а также ускорители (синхротроны) и накопители ускоренных электронов. *Спектр* рентгеновского излучения может быть непрерывным (сплошным) или линейчатым. Непрерывный (тормозной) спектр испускают быстрые заряженные частицы в результате их торможения при взаимодействии с атомами мишени. Линейчатый спектр возникает после ионизации атома быстрой заряженной частицей с выбрасыванием электрона с одной из внутренних электронных оболочек атома. Ионизированный атом из начального возбуждённого состояния спонтанно переходит в конечное состояние с меньшей энергией, при этом избыток энергии испускается в виде кванта электромагнитного излучения определенной частоты. Частоты такого излучения характерны для атомов каждого элемента, поэтому линейчатый спектр называется характеристическим. Наиболее широко рентгеновское излучение применяется в медицине для рентгенодиагностики и рентгенотерапии, в дефектоскопии, в *рентгеновском структурном анализе*.

рентгенограмма / X-ray diffraction pattern // Röntgendiagramm *n*: зарегистрированное на фотоплёнке (фотопластинке) изображение объекта, возникающее в результате взаимодействия с ним *рентгеновского излучения*. Распределение интенсивности, фиксируемое на рентгенограмме, отражает строение объекта. Абсорбционные рентгенограммы регистрируют «теневое» изображение объекта, возникающее вследствие неодинакового *поглощения* рентгеновского излучения разными участками объекта. Они применяются в медицине, биологии, дефектоскопии. Дифракционные рентгенограммы регистрируют дифракционную картину (см. *дифракция*), возникающую

при облучении кристаллических образцов. Они используются для решения задач *рентгеновского структурного анализа*.

рентгенография / X-ray radiography // Röntgenradiographie *f*: область исследований, занимающаяся решением разнообразных задач материаловедения на основе рентгеновских дифракционных методов (см. *рентгеновский структурный анализ*).

Реомюр (René Antoine Ferchault de Réaumur, 1683–1757): французский биолог и физик. Исследовал организацию пчелиных сообществ, усовершенствовал производство стали и железа, создал температурную шкалу Реомюра, в которой температура замерзания воды принята за нуль градусов, а температура кипения за 80 градусов.

реостат / rheostat // Regelwiderstand *m*, veränderbarer Widerstand: техническое устройство для регулирования тока и напряжения в электрической цепи путем изменения её электрического *сопротивления*.

репер / frame, frame of reference // Dreibein *n*: в геометрии: в трёхмерном пространстве — тройка векторов, образующих *базис*. В *n*-мерном *евклидовом пространстве* — *n* векторов, образующих *базис*, составляют *n*-репер (*n*-frame // *n*-Bein *n*). «Сопровождающий репер кривой»: см. *сопровождающий триэдр*.

реферат / review, abstract // Referat *n*: 1) краткое описание статьи или книги, иногда с критической оценкой (рецензия); 2) report, essay // Referat *n*, Bericht *m*: научное сообщение, доклад по какой-нибудь теме.

реферативный / review, reviewing // Referats=: реферативный журнал — периодическое издание, публикующее *рефераты* работ в какой-либо научной области, например, российский «Реферативный журнал Математика», американский «Mathematical reviews».

рефлексивность / reflexivity // Reflexivität *f*: свойство *бинарного отношения*: отношение *R* на множестве *A* называется рефлексивным, если *aRa* для любого *a* ∈ *A*. Примеры рефлексивных отношений: параллельность прямых, равенство, эквивалентность.

рефлэктор / reflector // Reflektor *m*, Rückstrahler *m*: оптическое устройство для направленного отражения светового пучка, например, в прожекторе или *проекционном аппарате*; телескоп-рефлэктор — *телескоп*, в котором в качестве основного объектива используется зеркало.

рефр́акция / refraction // Brechung *f*: в оптике в широком смысле — то же, что *преломление света*, т.е. изменение направления световых лучей при изменении *показателя преломления* среды, через которую эти лучи проходят; чаще этот термин используют при описании распространения света в оптически неоднородной среде с плавно изменяющимся от точки к точке показателем преломления, где происходит искривление световых лучей. В акустике: рефракция звука — искривление звуковых лучей в

неоднородной среде (атмосфера, океан), скорость звука в которой зависит от координат. Звуковые лучи изгибаются в сторону слоя с меньшей скоростью звука, и тем сильнее, чем больше *градиент* скорости звука. Это явление обуславливает, в частности, существование в морях и океанах *подводных звуковых каналов*.

решающее устройство / arithmetic und logic unit [сокр: ALU], solver // Rechenwerk *n*: в информатике: часть *процессора*, способная выполнять арифметические и логические операции.

решающий опыт / crucial experiment // entscheidender Versuch: в физике — опыт, от результата которого зависит решение вопроса о правильности теории, описывающей исследуемое явление.

решение 1) solution // Lösung *f*: в математике: решение *уравнения* — значение неизвестного, при подстановке которого в уравнение получается верное равенство, например, $x = 0$ — одно из решений уравнения $x^2 - x = 0$; 2) decision // Entscheidung *f*: выбор в ситуации, предоставляющей две или более возможностей.

решётка / lattice, grating, grid // Gitter *n*: решётка Браве (Bravais lattice // Bravais-Gitter *n*) — трёхмерная (периодическая в трёх направлениях) геометрическая решётка, характеризующая трансляционную *симметрию* идеального *кристалла*. См. также *кристаллическая решётка* и *дифракционная решётка*.

решето́ Эратосфе́на / sieve of Eratosthenes // Sieb des Eratosthenes: алгоритм, позволяющий путём отсеивания составных чисел найти все *простые числа* в заданной конечной последовательности натуральных чисел $1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$. Сначала зачёркивается число 1. Число 2 простое; зачёркиваются все числа, делящиеся на 2. Число 3 — первое незачёркнутое число — простое. Далее зачёркиваются все оставшиеся числа, делящиеся на 3, тогда число 5 — первое из незачёркнутых — простое, и так далее. Метод разработан в 3-м веке до н.э. греческим математиком Эратосфеном.

рэшка / tail // Zahl *f*, Vorderseite *f*: решётка, или решка, — название стороны монеты, на которой указана её стоимость. На другой стороне обычно изображается герб страны («орёл») или портрет государственного деятеля. Вопрос при бросании монеты: «Орёл или решка?» / heads or tails? // Kopf oder Zahl? Adler oder Schrift?.

ри́дберг (Ry) / rydberg // Rydberg *n*: внесистемная единица энергии, применяемая в атомной физике и оптике. $1 \text{ Ry} = me^4/2\hbar^2$, где m — масса электрона, e — элементарный электрический заряд (заряд электрона), $\hbar$ — *постоянная Планка*. Названа в честь шведского физика Й. Ридберга (Johannes Robert Rydberg, 1854–1919). 1 ридберг равен $13,6 \text{ эВ} = 2,1796 \cdot 10^{-11}$ эрг.

Ри́ман (Georg Friedrich Bernhard Riemann, 1826–1866): немецкий математик.

Внёс выдающийся вклад во многие области математики: теорию функций, теорию *рядов Фурье*, геометрию, теорию чисел, теорию дифференциальных уравнений. С именем Римана связаны, в частности, *интеграл Римана*, *риманова геометрия*, тензор Римана, *римановы поверхности*, теорема Римана о конформных отображениях, дзета-функция Римана, гипотеза Римана, метод Римана решения *задачи Коши*, теорема Римана–Роха и др.

риманова геометрия / Riemann geometry, elliptic geometry // Riemannsche Geometrie, elliptische Geometrie: одна из *неевклидовых геометрий*, см. также *риманово пространство*.

риманова поверхность / Riemann surface // Riemannsche Fläche: в теории *функций комплексного переменного*: многолистная поверхность, на которой *аналитическая функция*, многозначная на обычной *комплексной плоскости*, является однозначной. Рассмотрим построение римановой поверхности на примере бесконечнозначной функции $\ln z$. Проведём на плоскости $z = x + iy$ разрез по лучу $y = 0, x \leq 0$ и зададим на разрезанной плоскости однозначную *регулярную функцию* $w_0(z) = \ln |z| + i \arg z, -\pi < \arg z < +\pi$; эта функция обычно называется главной ветвью логарифма. Все возможные ветви логарифма можно задать общей формулой $w_k(z) = \ln |z| + i \arg z + 2k\pi i$, где $-\pi < \arg z < \pi, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$; главной ветви соответствует $k = 0$. Удобно считать, что каждая из ветвей задана на своём «листе», т.е. на своём экземпляре разрезанной плоскости; ветви и листы занумерованы параметром k . На каждом листе разрез имеет верхний берег ($\arg z = \pi - 0$) и нижний берег ($\arg z = -\pi + 0$). Риманова поверхность получается из всех этих листов, если соединить («склеить») эти листы по берегам разрезов таким образом, чтобы верхний берег k -го листа был склеен с нижним берегом $(k+1)$ -го листа; при этом $(k+1)$ -я ветвь является непрерывным продолжением k -й ветви с k -го листа через разрез на $(k+1)$ -й лист. Полученная риманова поверхность логарифма имеет вид бесконечной винтовой поверхности; совокупность всех ветвей образует т.н. полную аналитическую функцию.

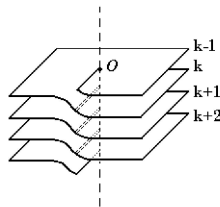


Рис. 153: Риманова поверхность логарифма

риманово пространство / Riemannian space // Riemannscher Raum: обобщение понятия *евклидова пространства*. В n -мерном пространстве расстояние ds между двумя бесконечно близкими точками вводится в соответствии с формулой $ds^2 = \sum_{i,k=1}^n g_{ik} dx^i dx^k$; элементы g_{ik} *матрицы* G называются компонентами метрического тензора, матрица G предполагается *положительно определённой*. В случае евклидова пространства $G = E$ — единичная матрица. В общем случае компоненты метрического тензора могут быть гладкими функциями координат $x^1, \dots, x^n$. Аппарат римановых пространств используется, в частности, в *теории относительности*.

римские цифры / Roman numerals // römische Zahlen: элементы римской *системы счисления*, см. таблицу:

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

Всякое целое число может быть записано с помощью римских цифр: II=2, III=3, XX=20, CCC=300, т.д. Меньшая цифра, стоящая слева от данной, означает вычитание, а справа от данной — сложение: IV=5–1=4, XD=500 – 10=490, VII=5+2=7, DC=500+100=600, MCMLXXXI=1981. Римские цифры используются, в частности, для нумерации веков: XIX век (19-й век). В настоящее время римские цифры употребляются редко.

робот / robot // Roboter m : управляемый на расстоянии автомат, способный выполнять многие операции, заменяя человека.

ровно / exactly, precisely, equally // genau, gleich: точно, в точности, не больше и не меньше: «в этом случае имеется ровно одно решение» / there is precisely one solution in this case // in diesem Fall gibt es exakt eine Lösung.

род 1 / sort, kind, type // Art f , Gattung f : вид, тип (при классификации): «функция Ханкеля 2-го рода» / the Hankel function of the second kind // die Hankelsche Funktion zweiter Gattung.

род 2 / rod // Rod n : единица длины в *английской системе единиц*, равная 16,5 *футам*.

Родрига fórmula: см. *полиномы Лежандра*.

рождéние / birth // Geburt f : возникновение, появление, например, рождение пары электрон-позитрон. «Процесс рождения и гибели» / birth and death process // Geburts- und Todesprozeß m .

РОМ / ROM // ROM n : в информатике — сокращение от английского «Read-only memory»: хранитель информации, при помощи которого можно информацию считывать, но не записывать. CD-ROM — компакт-диск, читаемый с помощью специального читающего устройства.

ромб / rhombus, diamond // Rhombus m , Raute f : четырёхугольник, все четыре стороны которого равны. Диагонали ромба взаимно перпендикулярны, они являются осями симметрии ромба, а точка пересечения диагоналей — центром симметрии. Площадь ромба равна половине произведения диагоналей: $S = \frac{1}{2}d_1d_2$.

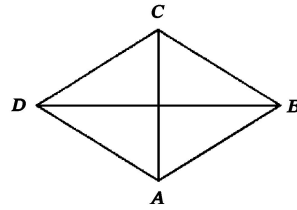


Рис. 154: Ромб: $d_1 = |AC|$, $d_2 = |BD|$

росá / dew // Tau m : выпадение воды из влажного воздуха (*конденсация* водяного пара) в виде мелких капель при понижении температуры до точки росы, т.е. такой температуры, при которой водяной пар достигает состояния *насыщенного пара*.

ростóк / germ // Keim m : в математике (в *топологии*): пусть x — точка *топологического пространства* X , и F — некоторое множество функций, каждая из которых определена в какой-нибудь окрестности точки x . Функции $f, g \in F$ называются эквивалентными, если они совпадают в некоторой окрестности точки x . *Класс эквивалентности* по этому отношению называется ростком функций класса F в точке x . Например, в множестве *непрерывных функций* на отрезке $[a, b]$ росток в точке $t_0 \in [a, b]$ состоит из всех непрерывных на $[a, b]$ функций, совпадающих в некоторой окрестности точки t_0 . Понятие ростка вводится и для более общих объектов.

ро́тор 1 / curl, rotation // Rotation f , Rotor m , Curl m : в математике (в векторном анализе): ротор (или: ротация, вихрь) $\text{rot } \vec{A}$ *векторного поля* $\vec{A} = (A_1, A_2, A_3)$ определяется как *векторное произведение*: $\text{rot } \vec{A} = \nabla \times \vec{A}$, где ∇ — оператор Гамильтона *набла*. В *декартовых координатах* x, y, z ротор можно записать в виде *определителя*:

$$\text{rot } \vec{A} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \vec{i} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \vec{k}.$$

Ротор используется в математике, в частности, для записи *формулы Стокса*; в физике — для записи *уравнений Максвелла*.

ро́тор 2 / rotor // Rotor m : вращающаяся часть электрической машины.

ртуть / mercury // Quecksilber *n*: металл, при комнатной температуре жидкий (температура замерзания $-38,84^{\circ}\text{C}$). Элемент *периодической системы химических элементов* (Hg, номер 80).

рукопись / manuscript // Manuskript *n*, Handschrift *f*: написанный от руки (теперь обычно с помощью компьютера) текст книги или статьи, предназначенной к печати.

ручка 1) ball-point pen, pen, Biro, penholder // Kugelschreiber *m*, Füller *m*, Federhalter *m*: письменная принадлежность, перо; 2) handle, knob // Griff *m*: рукоятка ножа, ручного инструмента, чемодана; 3) (door-) knob // Klinke *f*: ручка двери; 4) handle // Henkel *m*: ручка в топологии; 5) handle // Kurbel *f*: рукоятка механизма.

рынок 1) market // Markt *m*: система экономических отношений, регулирующая процесс купли-продажи товаров или услуг. «Рынок сбыта» / commodity market // Absatzmarkt *m*. 2) market, market-place // Markt *m*, Marktplatz *m*: место, помещение, площадь, где происходит торговля (обычно массовая). «Восточный рынок (базар)» / bazar // Basar *m*.

рычаг / lever // Hebel *m*: в физике и технике: механическая система, состоящая из твёрдого стержня и неподвижной опоры. Рычаг 1-го рода: стержень AB касается опоры в точке P между A и B ; части стержня AP и BP называются плечами рычага. В точках A и B приложены силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ перпендикулярно стержню. Рычаг находится в *равновесии*, если *моменты сил*, приложенных к рычагу, равны по модулю: $l_1 F_1 = l_2 F_2$, где $l_1 = |AP|$, $l_2 = |BP|$.

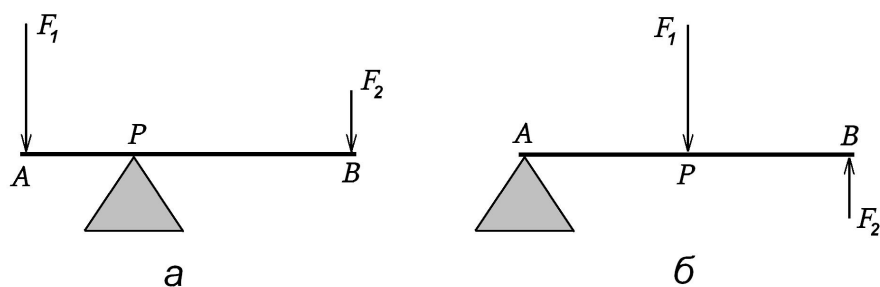


Рис. 155: Рычаг: а - 1-го рода, б - 2-го рода

Рычаг 2-го рода: стержень AB касается опоры в концевой точке A , в конце B и в точке P стержня приложены силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ перпендикулярно стержню. Рычаг находится в равновесии, если $l_1 F_1 = l_2 F_2$, где $l_1 = |AP|$, $l_2 = |AB|$.

Рэлей, Рэйли (John William Strutt, Baron Rayleigh, 1842–1919): английский физик, Нобелевский лауреат (1904). Внёс значительный вклад почти

во все области классической физики, в том числе: объяснение голубого цвета неба (см. *рассеяние света*), закон *равновесного излучения* (формула Рэлея–Джинса), понятие *групповой скорости* (формула Рэлея в *теории волн*), открытие упругих *поверхностных волн* при землетрясениях (волны Рэлея), совместно с Рамзеем (William Ramsay, 1852–1916) открытие химического элемента *аргон*.

ряд 1) sequence // Serie f , Sequenz f : последовательность, например «ряд экспериментов»; 2) line, row // Reihe f , Linie f : несколько предметов, расположенных вдоль линии один за другим, например «ряд столбов»; 3) series // Reihe f : в математике — выражение вида $a_1 + a_2 + a_3 + \dots$, понимаемое как предел $\lim_{n \rightarrow \infty} s_n$ частичных сумм $s_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n$. См. *ряд степенной* и *функциональный ряд*.

ряд Лорана / Laurent series // Laurentreihe f : *ряд* вида

$$\dots \frac{c_{-3}}{(z-a)^3} + \frac{c_{-2}}{(z-a)^2} + \frac{c_{-1}}{z-a} + c_0 + c_1(z-a) + c_2(z-a)^2 + \dots \quad (*)$$

называется рядом Лорана. Такой ряд называется сходящимся, если сходится как ряд $\sum_{n=0}^{+\infty} c_n(z-a)^n$ (1), так и ряд $\sum_{n=-\infty}^{-1} c_n(z-a)^n$ (2). Поскольку ряд (1) сходится в области вида $|z-a| < R$, а ряд (2) в области вида $|z-a| > r$, то в случае $r < R$ область сходимости ряда Лорана представляет собой кольцо $r < |z-a| < R$. При $r = 0$ кольцо превращается в «проколотую окрестность» $0 < |z-a| < R$ точки a , а при $R = \infty$ в «окрестность бесконечности» $r < |z-a| < \infty$. Теорема: Всякая функция, *регулярная* в кольце $r < |z-a| < R$, может быть в этом кольце разложена в ряд Лорана:

$$f(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n(z-a)^n, \quad c_n = \frac{1}{2\pi i} \oint_{|z-a|=\rho} \frac{f(\zeta) d\zeta}{(\zeta-a)^{n+1}}, \quad r < \rho < R,$$

причём такое разложение единственно. Ряд (*) сходится равномерно во всяком кольце вида $r < r_1 \leq |z-a| \leq r_2 < R$; внутри кольца $r < |z-a| < R$ ряд можно почленно дифференцировать и интегрировать.

ряд Маклорéна / Maclaurin series // Maclaurinsche Reihe: *ряд Тейлора* при $x_0 = 0$ называется рядом Маклорéна. Ниже приведены разложения некоторых элементарных функций в ряд Маклорéна; в скобках указана область справедливости равенства на комплексной плоскости x :

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + \dots \quad (|x| < 1)$$

$$(1+x)^\mu = 1 + \mu x + \frac{\mu(\mu-1)}{2!} x^2 + \frac{\mu(\mu-1)(\mu-2)}{3!} x^3 + \dots \quad (|x| < 1)$$

$$\ln(1+x) = 1 - x + \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{4}x^4 - \dots \quad (|x| \leq 1, x \neq -1)$$

$$e^x = 1 + x + \frac{1}{2!}x^2 + \frac{1}{3!}x^3 + \dots \quad (|x| < \infty)$$

$$\sin x = x - \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 - \dots \quad (|x| < \infty)$$

$$\cos x = 1 - \frac{1}{2!}x^2 + \frac{1}{4!}x^4 - \dots \quad (|x| < \infty)$$

$$\operatorname{sh} x = x + \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 + \dots \quad (|x| < \infty)$$

$$\operatorname{ch} x = 1 + \frac{1}{2!}x^2 + \frac{1}{4!}x^4 + \dots \quad (|x| < \infty)$$

ряд степенной: см. *степенной ряд*

ряд Тейлора / Taylor series // Taylor-Reihe f , Taylorsche Reihe: всякой функции $f(x)$, имеющей в точке x_0 *производные* любого порядка, можно сопоставить её ряд Тейлора: $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} f^{(n)}(x_0)(x - x_0)^n$ (*). Если ряд (*) сходится к функции $f(x)$ в области $|x - x_0| < R$, то соответствующее равенство называется разложением функции $f(x)$ в ряд Тейлора в окрестности точки x_0 , см. также *регулярная функция*.

ряд Фурье / Fourier series // Fourier-Reihe f , Fouriersche Reihe: всякой непрерывной или кусочно-непрерывной функции $f(x)$, заданной на отрезке $x \in [-l, l]$, можно сопоставить её тригонометрический ряд Фурье

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{\pi k}{l} x + b_k \sin \frac{\pi k}{l} x \right),$$

где числа a_k, b_k , называемые коэффициентами Фурье функции $f(x)$, находятся по формулам

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) dx, \quad a_k = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \cos \frac{\pi k}{l} x dx, \quad b_k = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \sin \frac{\pi k}{l} x dx. \quad (*)$$

Сходится ли ряд Фурье, а если сходится, то к какой функции, — это зависит от свойств функции $f(x)$. Продолжим функцию $f(x)$ периодически с периодом $2l$ на всю ось $x \in (-\infty, +\infty)$ и сохраним прежнее обозначение $f(x)$ за продолженной функцией. Говорят, что функция $f(x)$ удовлетворяет условиям Дирихле, если: а) любой конечный отрезок можно разбить на конечное число частичных отрезков, на каждом из которых функция непрерывна и монотонна; б) если x_0 — точка разрыва, то существуют пределы $f_- = f(x_0 - 0)$ и $f_+ = f(x_0 + 0)$. Теорема Дирихле: Пусть функция $f(x)$ удовлетворяет условиям Дирихле, тогда её ряд Фурье сходится к $f(x)$ во всех точках непрерывности, а во всякой точке разрыва x_0 он равен $\frac{1}{2}(f_- + f_+)$, т.е. к среднему из пределов слева и справа.

Понятие ряда Фурье обобщается и на другие *ортонормальные системы функций*, в частности, *полиномы Лежандра*.

Примечание: вместо отрезка $[-l, l]$ можно взять любой отрезок вида $[d, d + 2l]$ (например $[0, 2l]$), при этом интегрировать в формуле (*) следует по этому отрезку.

ряды́ / series // Reihen *pl*: в математике — множество *рядов* (*3*).

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

С

самодиффу́зия / self-diffusion // Selbstdiffusion *f*: см. *диффузия*.

самоиндúкция / self-induction // Selbstinduktion *f*: в физике: возникновение *эдс* индукции в проводящем контуре при изменении силы электрического тока, протекающего в этом же контуре; частный случай явления *электромагнитной индукции*. При изменении тока в контуре меняется создаваемый этим током *магнитный поток* через поверхность, ограниченную контуром, вследствие чего в нем возникает *эдс* самоиндукции. Направление *эдс* самоиндукции определяется *правилом Ленца*, т.е. при увеличении силы тока в контуре *эдс* самоиндукции препятствует его возрастанию, а при уменьшении — его убыванию. В этом отношении самоиндукция аналогична *инерции* в механике. *Эдс* самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока в контуре: $\mathcal{E} = -LdI/dt$, где коэффициент пропорциональности L зависит от геометрии контура и называется *индуктивностью* контура.

самопересечéние / self-intersection // Selbstdurchdringung *f*, Selbstschnitt *m*: кривая, заданная параметрически в виде $\vec{r} = \vec{r}(t)$, имеет самопересечение в точке $\vec{r}_0$, если при некоторых значениях параметра t_1 и t_2 имеет место равенство $\vec{r}_0 = \vec{r}(t_1) = \vec{r}(t_2)$, причём $t_1 \neq t_2$. (Здесь $\vec{r}$ — радиус-вектор точки кривой). Например, *декартов лист* имеет самопересечение в точке $x = y = 0$ при $t_1 = 0$, $t_2 = \infty$.

самопроизво́льный, спонтанный / spontaneous // spontan: не вызванный какими-либо внешними воздействиями, происходящий сам по себе, например, самопроизвольный радиоактивный распад (см. *радиоактивность*).

самосопряжё́нность / self-adjointness, self-conjugacy // Selbstadjungiertheit *f*, Selbstkonjugiertheit *f*: свойство *оператора* быть *самосопряжённым*.

самосопряжё́нный / selfadjoint, self-conjugate // selbstadjungiert, selbstkonjugiert: самосопряжённый *оператор* в *гильбертовом пространстве* H — *линейный оператор*, равный своему *сопряжённому*. Область определения неограниченного самосопряжённого оператора плотна в H . В конечномерном *унитарном пространстве* с *ортонормированным базисом* самосопряжённые

операторы представлены *эрмитовыми матрицами*. В физической литературе самосопряжённые операторы называют обычно эрмитовыми операторами.

самофокусировка света / self-focusing of light // Selbstfokussierung des Lichtes: концентрация энергии интенсивной световой волны в нелинейной среде, *показатель преломления* которой растёт с увеличением интенсивности светового поля. Под действием интенсивного светового пучка ограниченного поперечного сечения нелинейная среда становится оптически неоднородной и в ней возникает искривление лучей (*рефракция* света) в направлении оси пучка. При этом лучи концентрируются в области большей интенсивности, и среда становится подобна объёмной фокусирующей линзе. Самофокусировка входящего в нелинейную среду светового пучка происходит, если нелинейная рефракция подавляет неизбежную расходимость пучка ограниченного поперечного сечения из-за явления *дифракции*.

сантимётр / centimetre, centimeter [амер.] // Zentimeter *n*: единица длины, равная 0,01 метра.

сателлит / satellite // Satellit *m*, Trabant *m*: спутник небесного тела, в частности, Земли.

Сату́рн / Saturn // Saturn *m*: шестая (от Солнца) планета Солнечной системы, наибольшая по величине после *Юпитера*. Средняя удалённость от Солнца 1427 млн км, период обращения вокруг Солнца около 29,5 лет, вокруг своей оси 10 часов 14 минут, экваториальный диаметр 120 670 км, масса в 95,11 раз больше массы Земли. Вокруг Сатурна обращается 62 известных (2010) спутника; Титан — самый крупный из них, он превосходит по размерам планету Меркурий и обладает единственной среди множества спутников Солнечной системы плотной атмосферой. Сатурн имеет также «кольцо» — систему из большого числа микропланет, обращающихся вокруг Сатурна в экваториальной плоскости. Издали эта система выглядит как светлое кольцо, толщина которого около 20 км, а внешний диаметр 280 000 км.

сближе́ние / coming together, approach, approximation // Annäherung *f*: приближение, движение навстречу друг другу.

сбор да́нных / data gathering // Datensammeln *n*: собирание информации.

сбо́рка 1) fold // Falte *f*: складка, изгиб; 2) assembling // Montierung *f*: соединение частей в одно целое.

сведе́ние / reduction, contraction // Reduzierung *f*: сокращение, упрощение, см. *сводить*.

све́дение / information // Nachricht *f*, Kenntnis *f*: информация.

све́ртка / convolution // Faltung *f*, Faltungsprodukt *n*: *свёрткой непрерывных функций* $f(x)$ и $g(x)$, *абсолютно интегрируемых* на оси $x \in (-\infty, +\infty)$, называется интеграл $(f * g)(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi)g(x - \xi) d\xi$.

Свойства свёртки:

- 1) $f * g = g * f$ (симметрия);
- 2) $(\alpha f + \beta g) * h = \alpha(f * h) + \beta(g * h)$, где α и β — постоянные числа;
- 3) пусть $F[f]$ — преобразование Фурье функции f : $F[f] = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\xi x} f(x) dx$;

тогда $F[f * g] = F[f] \cdot F[g]$.

Условия на сворачиваемые функции можно ослабить. См. также *обобщённая функция*.

б) в *операционном исчислении* под свёрткой функций $f(x)$ и $g(x)$, определённых и непрерывных (или кусочно-непрерывных) на полуоси $x \in [0, +\infty)$, понимают интеграл $(f * g)(t) = \int_0^t f(\tau)g(t - \tau) d\tau$. Свойства такой свёртки аналогичны свойствам в п.(а).

свёртка тэнзора / contraction of a tensor // Tensorverjüngung f : свёртка *тензора* — операция, сопоставляющая тензору $\sigma_{j_1 j_2 \dots j_{q-1} j_q}^{i_1 i_2 \dots i_{p-1} i_p}$, где $1 \leq i_s \leq n$, $1 \leq j_r \leq n$, $1 \leq s \leq p$, $1 \leq r \leq q$, тензор

$$\tau_{j_1 j_2 \dots j_{q-1}}^{i_2 \dots i_{p-1} i_p} = \sigma_{j_1 j_2 \dots j_{q-1} 1}^{1 i_2 \dots i_{p-1} i_p} + \sigma_{j_1 j_2 \dots j_{q-1} 2}^{2 i_2 \dots i_{p-1} i_p} + \dots + \sigma_{j_1 j_2 \dots j_{q-1} n}^{n i_2 \dots i_{p-1} i_p}.$$

Здесь свёртка произведена по первому верхнему и по последнему нижнему индексам; аналогично производится свёртка по любой паре верхнего и нижнего индексов. p -кратная свёртка тензора, p раз ковариантного и p раз контравариантного, является инвариантом. В частности, свёртка тензора σ_j^i — скаляр, называемый следом тензора. См. также *след матрицы*.

сверхзвуковая скорость / supersonic speed // Überschallgeschwindigkeit f : скорость, превышающая скорость звука в данной среде. См. также *конус Маха*.

сверхновая, сверхновая звезда / supernova, supernova star // Supernova f : сверхновые — звёзды, вспышки (взрывы) которых сопровождаются выделением энергии порядка 10^{44} Дж. Частота вспышек сверхновых звёзд мала и довольно неопределённая — в одной галактике (типа нашей) происходит одна вспышка сверхновой за 10 – 100 лет; в нашей Галактике вспышки сверхновых фиксируются реже, последняя из них наблюдалась в 1604 г. Галактические остатки сверхновых звёзд — волокнистые туманности, являющиеся источниками радиоизлучения. В трёх из них обнаружены *пульсары* — быстро вращающиеся нейтронные звёзды.

сверхопределённый: то же, что переопределённый, см. *переопределённая задача*.

сверхпроводимость / superconductivity // Supraleitfähigkeit f : явление полного исчезновения *электрического сопротивления* в некоторых материалах при сверхнизких температурах. Например, в ртути при температуре 4,15

К происходит скачкообразное падение сопротивления практически до нуля. Ток в замкнутом сверхпроводящем контуре может циркулировать неопределённо долгое время. Слабое магнитное поле выталкивается из сверхпроводника (эффект Мейснера), т.е. сверхпроводник ведет себя как идеальный диамагнетик.

Сверхпроводимость может быть объяснена только в рамках квантовой физики как макроскопическое квантовое состояние материала. Два электрона с противоположными спинами, взаимодействуя посредством кристаллической решетки (обмениваясь фононами), могут образовать связанное состояние (так называемую куперовскую пару) с зарядом $2e$. Куперовские пары обладают нулевым спином и подчиняются статистике Бозе – Эйнштейна. При переходе в сверхпроводящее состояние куперовские пары испытывают Бозе-конденсацию (накапливаются в одном *квантовом состоянии*) и приобретают свойство сверхтекучести. Таким образом, сверхпроводимость представляет собой *сверхтекучесть* электронной жидкости. В технике сверхпроводящие материалы используются для создания электромагнитов, *объёмных резонаторов* со сверхпроводящими стенками, сверхчувствительных измерительных приборов, в частности, сверхпроводящих магнитометров.

сверхпроводник / superconductor // Supraleiter *m*: материал, у которого при охлаждении ниже определенной критической температуры электрическое сопротивление скачкообразно падает до нуля, т.е. наблюдается явление *сверхпроводимости*.

сверхтекучесть / superfluidity // Suprafließbarkeit *f*, Suprafluidität *f*: явление полного исчезновения вязкости в жидком гелии при температуре ниже 2,17 К, когда гелий переходит в состояние квантовой жидкости, протекающей через капилляры и узкие щели без трения. С микроскопической точки зрения появление сверхтекучести в жидкости, состоящей из атомов ^4He с целым спином (*бозонов*), связано с переходом при температуре ниже критической значительного числа атомов в одно *квантовое состояние* с нулевым импульсом. Это явление называется конденсацией Бозе–Эйнштейна, а совокупность перешедших в новое состояние атомов — Бозе-конденсатом (см. *статистика Бозе–Эйнштейна*). Так как состояние всех частиц конденсата описывается одной и той же *волновой функцией*, макроскопически большое число атомов гелия находится в состоянии когерентного движения. Эта сверхтекучая компонента гелия движется потенциально и не испытывает сопротивления со стороны обтекаемых ею предметов и стенок сосуда.

сверхтонкая структура / hyperfine structure // Hyperfeinstruktur *f*: расщепление *энергетических уровней* атома на близко расположенные подуровни, вызванное взаимодействием *магнитного момента* ядра атома с магнитным полем атомных электронов. Энергия этого взаимодействия зависит от взаимной ориентации *спина* ядра и вектора *момента импульса*

электронной оболочки. Число возможных (разрешенных) ориентаций определяет число компонент сверхтонкой структуры. Расстояние между подуровнями сверхтонкой структуры на три порядка меньше, чем между уровнями *тонкой структуры*, обусловленной *спин-орбитальным взаимодействием* (взаимодействием спина электрона с магнитным полем, создаваемым орбитальным движением электронов). Вследствие сверхтонкой структуры уровней энергии отдельные спектральные линии в спектре атома расщепляются на группы близко расположенных линий. Это так называемая сверхтонкая структура спектральных линий атома.

свет / light // Licht *n*: в узком смысле — то же, что и видимое излучение, воспринимаемое человеческим глазом, т.е. *электромагнитные волны* длиной от 400 нм до 760 нм (видимый свет). Свет разных длин волн воспринимается человеком как различные цвета. В широком смысле свет — синоним *оптического излучения*, включающего, кроме видимого, также *инфракрасное излучение* и *ультрафиолетовое излучение*.

светимость 1) luminous emittance, luminous exitance // spezifische Lichtausstrahlung: одна из *световых величин*, равная отношению светового потока, исходящего от элемента поверхности источника света, к площади этого элемента. Единица светимости в СИ — люмен с квадратного метра (лм/м²). Аналогичная величина в системе энергетических единиц называется энергетической светимостью и измеряется в Вт/м². 2) luminosity // Leuchtkraft *f*: звёздная светимость — поток энергии, излучаемый звездой. Численные значения звёздной светимости принято выражать в единицах светимости Солнца, равной $3,86 \cdot 10^{26}$ Дж/с.

световод / light guide, optical fiber, fiber-optic waveguide // Lichtleiter *m*: оптический *волновод* для направленной передачи света на большие расстояния почти без потери энергии. Волоконный световод представляет собой тонкую нить из стекла или другого оптически прозрачного материала, оболочка которой имеет *показатель преломления* меньший, чем сердцевина. Поэтому лучи, распространяющиеся под достаточно малыми углами к оси световода, испытывают *полное внутреннее отражение* на поверхности раздела сердцевины и оболочки и распространяются только по сердцевине. В технике волоконные световоды широко используются для создания линий оптической связи.

световое давление: см. *давление света*.

световой год / light year // Lichtjahr *n*: расстояние, которое свет проходит в вакууме за один год. Единица измерения астрономических расстояний; 1 световой год (св. год) равен $9,4605 \cdot 10^{15}$ м. Свет от Солнца до Земли идёт 8,25 минут, от звезды Сириус около 9 лет, от Полярной звезды — 300 лет. В современные телескопы видны звёздные скопления, удалённые от нас на десятки тысяч световых лет.

световой ко́нус / light cone // Lichtkegel m , Strahlenkegel m : понятие, используемое при описании геометрических свойств четырёхмерного *пространства-времени* (пространства Минковского) в специальной и общей *теории относительности*. Для данного события, т.е. для определённой точки пространства-времени, световой конус образован совокупностью *мировых линий* свободно распространяющихся световых сигналов, проходящих через данную точку (вершину конуса). Уравнение светового конуса с вершиной в начале координат пространства-времени с псевдоевклидовой метрикой имеет вид $(ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 0$. Это уравнение инвариантно относительно *преобразований Лоренца*. События, лежащие вне полости светового конуса с вершиной в данном событии, не могут быть связаны с ним никакими взаимодействиями, так как никакие частицы и сигналы не распространяются быстрее света; эта область пространства-времени называется абсолютно удалённой по отношению к данному событию.

световой луч / light ray // Lichtstrahl m : линия, вдоль которой происходит распространение энергии световых колебаний. Представление о световых лучах лежит в основе *геометрической оптики*, законы которой приближенно справедливы в тех случаях, когда можно пренебречь *дифракцией* света, т.е. когда длина волны света много меньше размеров препятствий и неоднородностей среды, в которой происходит распространение света. Геометрическая оптика во многих случаях позволяет объяснить прохождение света через оптические системы, рассчитать образование оптических изображений и аберрации оптических систем.

световой потóк / light flux // Lichtstrom m : *световая величина*, в которой выражается *поток излучения*, т.е. мощность *оптического излучения*, распространяющегося по некоторому направлению или в пределах некоторого телесного угла, оцениваемая по вызываемому им световому ощущению. Единица СИ светового потока — люмен.

световой пучóк / light beam // Lichtstrahlen pl , Lichtbündel n : совокупность *световых лучей*, распространяющихся в пределах некоторого *телесного угла*. Пучок называется гомоцентрическим, если все лучи (или их продолжения) пересекаются в одной точке (выходят из одной точки или сходятся в одну точку). Волновые поверхности гомоцентрического пучка имеют сферическую форму с центром в точке пересечения лучей. Пучок, у которого главные радиусы кривизны волновой поверхности не равны друг другу, называется астигматическим. Лучи такого пучка (с небольшим угловым раствором) пересекаются не в одной точке, а по двум взаимно перпендикулярным отрезкам, смещённым вдоль оси пучка на некоторое расстояние, называемое астигматической разностью. Гомоцентрические пучки лучей становятся астигматическими, например, после преломления при наклонном падении на границу раздела двух сред.

световые величины / luminous quantities, photometric quantities // Lichtgrößen *pl*, photometrische Größen: система фотометрических величин, характеризующих свет по вызываемому им световому ощущению, точнее, по его действию на селективный приёмник света, чувствительность которого определяется функцией так называемой спектральной световой эффективности излучения (кривой видности), т.е. усреднённой функцией спектральной чувствительности глаза человека.

световые единицы / light units // Lichteinheiten *pl*: единицы световых величин: силы света, освещённости, яркости, светового потока и т.д. Единица силы света называется *кандела* (кд); она воспроизводится по световым эталонам и входит в качестве основной в *международную систему единиц* (СИ).

светосила / aperture ratio, light-gathering power // Lichtstärke *f*: величина, позволяющая сравнивать *освещённости* изображений, создаваемых разными *оптическими системами*, например, объективами фото- и телевизионных камер. Без учёта потерь света из-за отражений и поглощения, светосила равна квадрату *относительного отверстия* системы (объектива), т.е. $(D/F)^2$, где D — диаметр входного зрачка системы (диаметр объектива), F — фокусное расстояние. Для уменьшения потерь света используют *просветление оптики*.

светофильтр / light filter // Lichtfilter *n*: устройство, прозрачность которого для *оптического излучения* различна в разных областях *спектра*. Основная характеристика светофильтра — зависимость его коэффициента пропускания от длины волны (или частоты) падающего на него излучения. Селективные светофильтры предназначены для выделения какого-либо участка спектра. Нейтральные светофильтры равномерно ослабляют *поток излучения* в определённой спектральной области. Наибольшее распространение получили стеклянные абсорбционные светофильтры, действие которых основано на избирательном *поглощении* света. Существуют также отражающие, интерференционные, интерференционно-поляризационные и дисперсионные светофильтры, действие которых основано на избирательном *отражении*, на *интерференции* света, *дисперсии* света.

светочувствительность / photosensitivity // Lichtempfindlichkeit *f*: восприимчивость фотоматериалов или видеокамеры к световому воздействию. Светочувствительность фотоплёнок измеряется обычно в единицах DIN или ASA.

свинёц / lead // Blei *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Pb, номер 82).

свободное падение / free fall // freier Fall: движение тела только под действием силы тяготения Земли. Все тела, независимо от их размеров и свойств, вследствие *принципа эквивалентности* (пропорциональности

инертной массы любого тела его гравитационной массе), в одном и том же гравитационном поле свободно падают с одним и тем же ускорением. Вблизи поверхности Земли свободное падение можно считать *равноускоренным движением*, происходящим с так называемым *ускорением свободного падения*, которое, в соответствии с *законом всемирного тяготения*, равно $g = GM/R^2 = 9,8 \text{ м/с}^2$. Здесь G — *гравитационная постоянная*, M — масса Земли и R — радиус Земли.

свободные колебания: см. *собственные колебания*.

свободный / free // frei: в алгебре: пусть *ранг* r однородной системы *линейных алгебраических уравнений* меньше, чем число неизвестных n . Неизвестные, соответствующие линейно независимым столбцам матрицы коэффициентов, называются *главными* (их количество равно r), а значения остальных $(n-r)$ неизвестных можно выбрать произвольно, эти неизвестные называются *свободными*. При этом главные неизвестные единственным образом выражаются через свободные.

сводиться / be reduced to // reduziert werden: «задача сводится к системе линейных уравнений» / the problem is reduced to a system of linear equations // das Problem wird zu einem System der linearen Gleichungen reduziert.

свойство / property // Eigenschaft f : присущее данному объекту специфическое качество.

связанное состояние / bound state // gebundener Zustand: состояние системы частиц, в котором их относительное движение финитно, т.е. происходит в ограниченной области пространства. В связанных состояниях могут находиться самые разнообразные физические системы — от звёздных скоплений до микрообъектов — молекул, атомов, атомных ядер. Многие так называемые элементарные частицы (*адроны*) являются, по-видимому, связанными состояниями более фундаментальных частиц материи — *кварков*.

связанный / bound, connected, linked // gebunden: «Струна состоит из двух кусков, связанных в точке A » / the string consists of two parts bound at point A // die Saite besteht aus zwei im Punkt A zusammen gebundenen Teilen /// «В этой главе рассматриваются вопросы, связанные с понятием энергии» / the problems associated with the concept of energy are considered in this chapter // Probleme, die mit dem Begriff von Energie verknuepft sind, werden in diesem Kapitel betrachtet.

связка плоскостей / sheaf [or: bundle] of planes // Ebenenbündel n : в геометрии — множество *плоскостей*, проходящих через одну и ту же точку. В *декартовых координатах* x, y, z уравнение связки плоскостей с центром в точке (x_0, y_0, z_0) имеет вид $A(x-x_0) + B(y-y_0) + C(z-z_0) = 0$. Уравнение любой плоскости, принадлежащей связке, можно получить, придавая коэффициентам A, B, C соответствующие значения.

связность / connectivity // Zusammenhang m : свойство *точечного множества* быть *связным*.

связная компонента / connected component // Zusammenhangskomponente f : подмножество K множества M точек евклидова пространства E называется связной компонентой множества M , если K *связно* и *максимально*, т.е. не существует связного подмножества Y такого, что $X \subset Y \subset E$.

Пример: на плоскости Oxy граница кольца $4 < x^2 + y^2 < 9$ состоит из двух связных компонент — окружностей $x^2 + y^2 = 4$ и $x^2 + y^2 = 9$.

связный / connected // zusammenhängend: *множество* точек в *евклидовом пространстве* называется связным, если его нельзя представить в виде объединения двух или большего числа непустых, взаимно непересекающихся *открытых множеств* этого пространства. Примеры связных множеств: промежуток, отрезок, луч, круг, окружность, кольцо, шар, тор, полупространство. Примеры несвязных множеств: гипербола; множество таких x , что $\sin x \neq 0$; объединение двух или более непересекающихся шаров.

Равносильное определение для открытых множеств: открытое множество называется связным, если любые две его точки можно соединить *ломаной*, все точки которой принадлежат множеству. Открытое связное множество называется областью.

связь 1) relation, connection, association // Beziehung f , Zusammenhang m : зависимость, взаимозависимость, (взаимо)влияние. «В связи с ...» / in connection with ... // im Zusammenhang mit ... /// «Взаимная связь» / coupling // Zusammenhang m /// «Обратная связь» / feedback // Rückkopplung f ; 2) constraint // Bindung f , Zwang m , Einschränkung f : в механике — ограничение, условие. «Силы связи» / constraint forces // Zwangskräfte pl ; 3) communication, means of communication // Verbindung f , Kommunikationssystem n : средства сообщения; система, обеспечивающая обмен информацией (почта, телеграф, телефон, радио, интернет).

сглаженный / smoothed // glättend: в математике: *сглаженная функция* — результат применения к функции *сглаживающего оператора*.

сглаживающий оператор / smoothing operator // Glättungsoperator m : в математике — *оператор*, который сопоставляет функции близкую к ней функцию, обладающую более высокой *гладкостью*. Например, оператор

S , действующий по формуле $Sf(x) = \frac{1}{2h} \int_{x-h}^{x+h} f(t) dt$ ($h > 0$), преобразует

кусочно-непрерывную функцию $f(x)$, имеющую скачки, в непрерывную функцию $\tilde{f}(x) = Sf(x)$. Если h достаточно мало, то на интервалах непрерывности функции $f(x)$ сглаженная функция $\tilde{f}(x)$ сколь угодно мало отличается от $f(x)$, так как $Sf(x) \rightarrow f(x)$ при $h \rightarrow 0$. Сглаживающий оператор,

заданный формулой

$$Sf(x) = \frac{1}{h\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-(x-\xi)^2 h^{-2}} f(\xi) d\xi,$$

преобразует всякую ограниченную непрерывную функцию $f(x)$, $x \in (-\infty, +\infty)$, в бесконечно дифференцируемую функцию $\tilde{f}(x) = Sf(x)$, причём $\tilde{f}(x) \rightarrow f(x)$ при $h \rightarrow +0$. Аналогичный сглаживающий оператор в n -мерном случае: $Sf(\vec{x}) = \left(\frac{1}{h\sqrt{\pi}}\right)^n \int_{\mathbf{R}^n} e^{-|\vec{x}-\vec{\xi}|^2 h^{-2}} f(\vec{\xi}) d\vec{\xi}$.

сгусток / bunch, bundle, cluster, group, concentration // Paket n , Ballung f , Zusammenballung f : в физике, астрономии — скопление, уплотнение, группировка, *кластер*.

сдвиг 1) shear, displacement // Scherung f , Schub m : в физике — *деформация* тела, вызываемая касательными механическими *напряжениями*. Для твёрдых изотропных тел в пределах упругости деформация сдвига описывается *законом Гука*. 2) shift, translation // Verschiebung f , Translation f : трансляция — *параллельный перенос* объекта в пространстве параллельно самому себе на некоторое расстояние вдоль прямой, называемой осью трансляции. Объекты, периодические в одном, двух или трёх измерениях (цепные молекулы полимеров, *кристаллы*), могут в результате некоторых трансляций совмещаться сами с собой. Такие трансляции являются для них операциями симметрии. /// «Сдвиг влево» / left-shift // Verschiebung nach links /// «Оператор сдвига» / translation operator // Translationsoperator m /// «Сдвиг по фазе» / phase lag // Phasenverschiebung f .

сдвиговые волны / shear waves, transverse waves // Scherungswellen pl , Schubwellen pl : в акустике: один из видов механических колебаний, которые могут распространяться в твёрдом теле. В отличие от волны сжатия, в сдвиговой волне колебания частиц среды около положения равновесия происходят в направлении, перпендикулярном к направлению распространения волны, поэтому такую волну называют также *поперечной волной*.

сдвиг уровней энергии / energy level shift // Verschiebung der Energieniveaus f : небольшое отклонение тонкой структуры уровней энергии атома водорода и водородоподобных атомов (D, He⁺) от предсказаний релятивистской квантовой механики — так называемый лэмбовский сдвиг. Теоретическое объяснение лэмбовский сдвиг получил в рамках квантовой электродинамики при учете возможности испускания и поглощения связанным электроном виртуальных фотонов. Это приводит к изменению эффективной массы электрона, к возникновению у него аномального магнитного момента и к виртуальному рождению и аннигиляции электронно-позитронных

пар (поляризация вакуума). В результате происходит искажение кулоновского потенциала ядра на малых расстояниях (порядка комптоновской длины волны электрона $\approx 10^{-11}$ см).

сдво́енный / double, paired // verdoppelt, Doppel=: двойной, состоящий из двух одинаковых или близких объектов: «сдвоенная линия» / double line // Doppellinie *f*.

се́верный / north, northern // nördlich, Nord=: расположенный на севере, связанный с севером или приходящий с севера (например, северный ветер). «Северный полюс» / North Pole // Nordpol *m* /// «Северное сияние» / northern lights // Nordlicht *n*.

сегме́нт / segment, line segment // Segment *n*: а) отрезок прямой линии; б) множество *вещественных чисел* x , удовлетворяющих неравенству $a \leq x \leq b$.

сегме́нт кру́га, круговой сегме́нт / segment of a disk // Kreisabschnitt *m*, Kreissegment *n*: часть *круга*, отсекаемая от него прямой линией. Круговой сегмент ограничен *дугой* и стягивающей её *хордой*. Площадь кругового сегмента: $S = \frac{1}{2}r^2(\alpha - \sin \alpha)$, где r — радиус круга, α — *центральный угол*, опирающийся на дугу сегмента.

сегме́нт ша́ра, шаровой сегме́нт / segment of a sphere // Kugelsegment *n*: часть *шара*, отсекаемая от него плоскостью. Шаровой сегмент ограничен частью сферической поверхности и кругом, на который эта часть опирается. Диаметр шара, перпендикулярный секущей плоскости, является осью симметрии сегмента. Высотой шарового сегмента называют расстояние между точками пересечения оси симметрии с секущей плоскостью и со сферой. Объём шарового сегмента: $V = \frac{1}{3}\pi h^2(3R-h)$, где R — радиус шара, h — высота шарового сегмента.

сегнетоэ́лектрики / ferroelectrics // Ferroelektrika *pl*: кристаллические диэлектрики, обладающие в определённом интервале температур спонтанной (самопроизвольной) электрической *поляризацией*, т.е. отличным от нуля электрическим дипольным моментом единицы объёма в отсутствие внешнего электрического поля. Такими свойствами обладают сегнетова соль, дигидрофосфат калия и ещё несколько сотен кристаллов.

седло́ / saddle // Sattel *m*: в теории *дифференциальных уравнений*: один из видов *особых точек* автономной системы.

седло́вая пове́рхность / saddle surface // Sattelfläche *f*: в геометрии — гладкая поверхность, гауссова *кривизна* которой в каждой точке неположительна, например, *однополостный гиперболоид*, *гиперболический параболоид*. Поверхность, все точки которой — *седловые точки*, является седловой поверхностью.

седло́вая то́чка / saddle point // Sattelpunkt *m*: в геометрии: точка гладкой поверхности, вблизи которой поверхность лежит по разные стороны от своей *касательной плоскости*. См. также *метод перевала*.

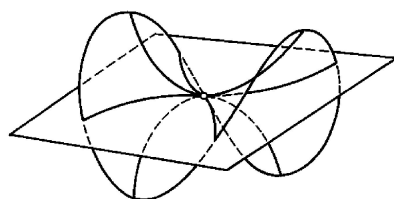


Рис. 156: Седловая точка

сейсмический / seismic // seismisch, Erdbeben=: связанный с колебаниями земной коры. Сейсмические волны — механические *волны*, распространяющиеся в толще земной коры, обычно в результате *землетрясений*. Различают продольные и поперечные объёмные волны и *поверхностные волны*. Скорость распространения сейсмических волн — от 1 до 10 км/с, в зависимости от вида горных пород.

сейсмограмма / seismogram // Seismogramm *n*: запись на (бумажную) ленту *сейсмических* колебаний, производимая *сейсмографом*.

сейсмограф / seismograph // Seismograph *m*: прибор для регистрации *сейсмических* волн.

сейсмология / seismology // Seismologie *f*: наука о причинах и свойствах *сейсмических* волн. Одна из главных задач сейсмологии — предсказание землетрясений. К сейсмологии примыкает сейсморазведка, занимающаяся изучением структуры верхней части земной коры, в том числе, поиском полезных ископаемых.

сёканс / secant // Sekansfunktion *f*, Sekans *m*: *тригонометрическая функция*, равная единице, делённой на *косинус*: $\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$. Для секанса принято также обозначение *sc*.

секвénция / sequent // Sequenz *f*: в *математической логике* — выражение вида $A_1, \dots, A_n \rightarrow B_1, \dots, B_m$, где $A_1, \dots, A_n, B_1, \dots, B_m$ — формулы. Читается: «при допущениях $A_1, \dots, A_n$ имеет место B_1 или B_2 или...или B_m ». Вводятся правила действий с секвенциями; исчисление секвенций применяется в теории доказательств, в основаниях математики, в поиске вывода.

сéктор, круговой сéктор / sector // Kreisausschnitt *m*, Sektor *m*: в геометрии — часть *круга*, вырезаемая из него двумя выходящими из центра *лучами*. Сектор ограничен двумя *радиусами* и *дугой* окружности. Площадь сектора в круге радиуса r равна $S = \frac{1}{2}\alpha r^2$, где α — *центральный угол* в *радианах*, опирающийся на дугу сектора.

сéкторная скóрость, секториальная скорость / sector velocity // Flächengeschwindigkeit *f*: скорость возрастания площади, которую описывает («ометает») радиус-вектор движущейся точки, проведённый в эту точку

из некоторого неподвижного центра. Понятие секторной скорости используется при описании движения под действием центральной силы, например, движения планет под действием силы притяжения Солнца, или спутников под действием силы притяжения Земли (второй закон Кеплера). При движении частицы в любом центральном силовом поле сохраняется её *момент импульса*. Отсюда следует постоянство секторной скорости, так как она пропорциональна модулю момента импульса.

сéктор шáра, шаровóй сéктор / spherical sector, spherical cone, sector of sphere // Kugelausschnitt *m*, Kugelsektor *m*: часть *шара*, вырезаемая из него круговой *конической поверхностью* с вершиной в центре шара. Шаровой сектор можно составить из *прямого кругового конуса* и *сегмента шара*; поверхность шарового сектора состоит из боковой поверхности конуса и сферической части поверхности сегмента шара. Объём равен $V = \frac{2}{3}\pi R^2 h$, где R — радиус шара, h — высота *сегмента шара*.

секúнда / second // Sekunde *f*: 1) единица времени в *системе СИ*, равная времени, в течение которого совершается 9 192 631 770 периодов электромагнитных колебаний при *квантовых переходах* между двумя *сверхтонкими* уровнями *основного состояния* атома *цезия-133*. Обозначение: с / s // s. 2) единица измерения угла, равная 1/60 части *минуты* (2). Обозначается двойным штрихом, например, 36''.

секúщая прямáя / secant // Sekante *f*: прямая линия, пересекающая данную кривую в двух точках под ненулевым углом.

секúщая плóскость / intersecting plane, cross-section // Schnittebene *f*: плоскость, пересекающая данную поверхность не касательно к ней. Также: плоскость, пересекающая тело.

селén / selenium // Selen *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Se, номер 34).

семéйство / family // Schar *f*: в математике — множество, каждому элементу которого сопоставляется значение некоторой переменной («параметра») или значения нескольких переменных («параметров»). «Семейство кривых» / family of curves // Kurvenschar *f* /// «Семейство решений» / family of solutions // Lösungsschar *f*. Примеры семейств парабол: однопараметрическое семейство $y = C_1 x^2$, двухпараметрическое семейство $y = C_1 x^2 + C_2$. Здесь C_1 и C_2 — параметры.

семина́р / seminar // Seminar *n*: научный семинар — периодически проводимые заседания группы учёных, собирающихся для совместного прослушивания и обсуждения докладов и сообщений. Организацией работы семинара занимается руководитель (обычно ведущий специалист, профессор). Учебный семинар (в высшей школе) — проводимое под руководством преподавателя учебное занятие по математике, физике и т.д.

семь / seven // sieben: 7.

сепара́бельное простран́ство / separable space // separabler Raum: банахово пространство называется сепарабельным, если в нём существует счётное всюду плотное множество. Множество A называется всюду плотным в банаховом пространстве X , если для каждого элемента $x \in X$ и любого числа $\epsilon > 0$ найдётся хотя бы один элемент $a \in A$, такой что $\|x - a\| < \epsilon$. Гильбертово пространство является сепарабельным, если в нём существует счётный ортонормированный базис. Примеры: гильбертовы пространства l_2 и $L_2[a, b]$ сепарабельны; банахово пространство $C[a, b]$ сепарабельно, банахово пространство $V[a, b]$ несепарабельно.

сепаратри́са / separatrix // Separatrix f : в теории дифференциальных уравнений: кривая, разделяющая области с различным типом поведения фазовых траекторий вблизи особой точки автономной системы.

се́ра / sulphur // Schwefel m : элемент периодической системы химических элементов (S, номер 16).

сердечник / core // Kern m : в электромагнитах, катушках индуктивности и трансформаторах — магнитопровод из мягкого магнитного материала, служащий для концентрации магнитного потока. Для уменьшения вредного влияния индукционных вихревых токов в материале сердечника, возникающих при изменении магнитного поля, магнитопроводы изготавливают не из сплошного куска металла, а из изолированных друг от друга пластин, заменяют ферромагнитные материалы магнитодиэлектриками и др.

серебро́ / silver // Silber n : металл, элемент периодической системы химических элементов (Ag, номер 47).

сере́дина / middle, midpoint // Halbpierungspunkt m , Mittelpunkt m : середина отрезка — точка отрезка, равноудалённая от его концов.

серединный перпендикуля́р / mid-perpendicular // Mittelsenkrechte f : в геометрии: срединный перпендикуляр к отрезку AB — прямая линия, проходящая через середину отрезка AB и перпендикулярная к нему. Срединный перпендикуляр — ось симметрии отрезка; каждая точка срединного перпендикуляра равноудалена от концов отрезка. Все три срединных перпендикуляра треугольника пересекаются в одной точке — центре описанной окружности.

се́рия 1) series // Serie f , Reihe f : в физике (оптике) серия спектральных линий — группа спектральных линий, возникающая при электронных переходах атома из возбуждённых состояний на определённый уровень энергии атома. В атоме водорода и водородоподобных одноэлектронных атомах серии спектральных линий подчиняются особенно простым закономерностям. 2) в статистике — серия наблюдений / series of observations // Beobachtungsreihe f .

се́ссия / session // Tagung f , Session f : 1) собрание: «ежегодная сессия Академии наук»; 2) период экзаменов в высшей школе / exams // Prüfungsperiode

f.

сётка / mesh, grid, network, net // Gitter *n*, Netz *n*: в вычислительной математике — система узловых точек, вводимых для дискретизации задачи. Например, для уравнения Лапласа $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ в области $0 < x < a$, $0 < y < b$ можно задать целое число $n > 1$ и рассмотреть сетку $x_i = ig$, $y_k = kh$, где $g = a/n$, $h = b/n$, $i, k = 0, \dots, n$. В каждом внутреннем узле ($1 \leq i \leq n-1$, $1 \leq k \leq n-1$) уравнение можно приближённо заменить разностным аналогом: $\frac{1}{g^2}(u_{i+1,k} - 2u_{i,k} + u_{i-1,k}) + \frac{1}{h^2}(u_{i,k+1} - 2u_{i,k} + u_{i,k-1}) = 0$, где введено обозначение $u_{i,k} = u(x_i, y_k)$. Совокупность разностных уравнений, дополненная данными на границе области, представляет собой *систему линейных алгебраических уравнений* для «сеточного решения», т.е. совокупности величин $u_{i,k}$, дающих приближённое решение в узлах сетки. При $n \rightarrow \infty$ сеточное решение сходится к точному:

$$\max_{0 \leq i, k \leq n} |u(x_i, y_k) - u_{i,k}| \rightarrow 0.$$

сёточный / network, grid // Gitter=: связанный с *сеткой*. «Сеточный оператор» (или разностный оператор) / difference operator, network operator // Differenzoperator *m*: *разностный* аналог *дифференциального оператора*.

сечение / section, cross-section, cut // Schnitt *m*: в геометрии — пересечение тела и какой-либо поверхности (обычно плоскости), например, *коническое сечение*.

сжатие 1) contraction // Kompression *f*: в математике: а) в геометрии — преобразование подобия (*гомотетия*), при котором все расстояния уменьшаются; б) в анализе — то же, что *сжимающее отображение*. 2) contraction, compression // Kompression *f*, Druck *m*: в физике — деформация, вызываемая приложенным к телу сжимающим механическим напряжением (давлением). Одностороннее сжатие: см. *растяжение*; всестороннее (гидростатическое) сжатие — деформация уменьшения объёма тела под действием внешнего давления.

сжимающее отображение, сжатие / contraction, contracting mapping // kontrahierende Abbildung, Kontraktion *f*: *отображение* $f: M \rightarrow M$ множества *M* элементов *метрического пространства* *X* в себя, при котором существует число $q \in (0, 1)$ такое, что для любых $x, y \in M$ выполняется неравенство $\rho(f(x), f(y)) \leq q \rho(x, y)$. См. также *теорема о неподвижной точке*.

Си / C // C *n*: в информатике — один из *языков программирования*. Модификации: C⁺⁺, C# («си шарп»).

СИ / SI // SI *n*: в физике — международная система единиц, см. *система СИ*.

сигма-алгебра, σ -алгебра / sigma-algebra, σ -algebra // sigma-Algebra *f*, σ -Algebra *f*, sigma-vollständige Mengenalgebra *f*: *алгебра множеств*, в

которой допускается применение операции объединения *счётного* числа множеств.

сигна́л / signal // Signal *n*, Zeichen *n*: в физике и технике — модулированная волна, группа волн или импульс, приходящие от какого-либо источника в точку наблюдения. Сигналы используются для передачи информации.

си́ла 1 / force, strength, power // Kraft *f*, Stärke *f*: в механике — мера механического действия на данное тело других тел. Действие силы на тело вызывает *ускорение* тела или его *деформацию*. Это действие может проявляться как при непосредственном контакте (давление соприкасающихся тел друг на друга), так и при посредстве создаваемых телами полей, например, поля тяготения или *электромагнитного поля*. В зависимости от характера взаимодействия силы могут иметь разную физическую природу. Сила — *векторная величина*, она характеризуется численным значением, направлением в пространстве и точкой приложения. Одновременное действие нескольких сил эквивалентно действию одной *равнодействующей силы*, равной векторной сумме отдельных сил. См. также *классическая механика*, *законы Ньютона*. В оптике: см. *оптическая сила*.

си́ла 2 «в силу того, что $x = 0$ » / because of $x = 0$; since $x = 0$ // infolge $x = 0$; aufgrund $x = 0$ /// «Неравенство сохраняет силу также при $x < 0$ » / the inequality also holds [or: remains valid] for $x < 0$ // die Ungleichung gilt auch für $x < 0$.

си́ла Ампе́ра / Ampère force // Ampèrsche Kraft: сила, действующая на проводник с током в магнитном поле. Названа в честь французского физика А. Ампера (André Marie Ampère, 1775–1836). Выражение для элементарной силы $d\vec{F}$, действующей на элемент (отрезок) тонкого проводника $d\vec{l}$ с током I в магнитном поле с индукцией $\vec{B}$, можно получить из формулы для *силы Лоренца*, складывая силы, действующие со стороны магнитного поля на отдельные движущиеся в проводнике носители заряда:

$$d\vec{F} = \frac{I}{c} d\vec{l} \times \vec{B} \quad (\text{СИ}); \quad d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad (\text{СГС}).$$

Сила, действующая на отрезок проводника конечной длины, находится векторным сложением сил, действующих на его элементарные участки.

Силой Ампера называют также силу взаимодействия элементов $d\vec{l}_1$ и $d\vec{l}_2$ двух проводников с токами I_1 и I_2 соответственно, находящихся на некотором расстоянии r_{12} друг от друга. Пусть $\vec{r}_{12}$ — радиус-вектор, направленный от $d\vec{l}_1$ к $d\vec{l}_2$, тогда сила $d\vec{F}_{21}$, действующая на $d\vec{l}_2$ со стороны $d\vec{l}_1$, даётся выражением

$$d\vec{F}_{21} = k \frac{I_2 I_1}{r_{12}^3} d\vec{l}_2 \times (d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{12}).$$

Здесь коэффициент k зависит от выбора системы единиц: в гауссовой системе $k = 1/c^2$, в СИ $k = \mu_0/4\pi$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная. Сила взаимодействия элементов тока пропорциональна произведению токов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между элементами.

Сила $d\vec{F}_{12}$, действующая на $d\vec{l}_1$ со стороны $d\vec{l}_2$, даётся аналогичным выражением. Силы $d\vec{F}_{21}$ и $d\vec{F}_{12}$ равны по величине, но в общем случае не лежат на одной прямой и потому не удовлетворяют третьему закону Ньютона. В случае постоянного тока нельзя изолировать отдельный элемент тока, так как цепь постоянного тока всегда замкнута. Экспериментально можно измерить лишь силу, с которой один замкнутый контур с током действует на другой замкнутый контур, т.е. силу, испытываемую замкнутым контуром со стороны магнитного поля, создаваемого другим замкнутым контуром с током. Эти силы находятся сложением векторов элементарных сил Ампера. Для результирующих сил третий закон Ньютона оказывается справедливым.

сила инерции, инерционная сила / force of inertia, (pseudo)force of inertia, inertial force // Trägheitskraft f : в поступательно движущейся неинерциальной системе отсчета — сила $\vec{F}_{\text{ин}}$, вводимая в уравнение *относительного движения* материальной точки в дополнение к «настоящим» силам, выражающим действие других тел на рассматриваемую частицу. Сила инерции равна $-m\vec{a}_{\text{пер}}$, где m — масса частицы, $\vec{a}_{\text{пер}}$ — переносное ускорение, т.е. ускорение подвижной неинерциальной системы отсчета относительно инерциальной. Если рассматриваемая система отсчета кроме поступательного движения ещё и вращается, то, кроме силы инерции поступательного движения $\vec{F}_{\text{ин}}$ в уравнение относительного движения добавляются ещё *центробежная сила* инерции и *сила Кориолиса*.

сила Архимеда / buoyancy force, static lift, upthrust // Auftriebskraft f : то же, что *выталкивающая сила*.

сила Кориолиса / Coriolis force // Corioliskraft f : одна из сил инерции, вводимых для учета влияния вращения подвижной (неинерциальной) системы на *относительное движение* материальной точки; названа по имени французского учёного Г. Кориолиса (Gaspard-Gustave Coriolis, 1792–1843). Кориолисова сила инерции $\vec{F}_{\text{Cor}}$ действует на тело (материальную точку) в направлении, перпендикулярном вектору её относительной скорости $\vec{v}$ и вектору *угловой скорости* $\vec{\Omega}$ системы отсчета: $\vec{F}_{\text{Cor}} = 2m\vec{v} \times \vec{\Omega}$, где m — масса тела, символ $\times$ означает *векторное произведение*. На Земле действие кориолисовой силы инерции проявляется в небольшом отклонении свободно падающих тел к востоку (в средних широтах около 1 см при падении с высоты 100 м), а движущихся вдоль земной поверхности (например, артиллерийских снарядов) — в отклонении вправо от направления

движения в северном полушарии и влево в южном.

сила Куло́на, кулоновская сила / Coulomb force // Coulombkraft f : сила электростатического взаимодействия заряженных тел, см. *закон Кулона*.

сила Ло́ренца / Lorentz force // Lorentzkraft f : сила, действующая на заряженную частицу, движущуюся в электромагнитном поле:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (\text{СИ}); \quad \vec{F} = q\vec{E} + \frac{q}{c}\vec{v} \times \vec{B} \quad (\text{СГС}).$$

Здесь q — заряд частицы, $\vec{v}$ — скорость частицы, $\vec{E}$ — напряженность электрического поля, $\vec{B}$ — индукция магнитного поля, символ $\times$ означает *векторное произведение*. Первый член формулы даёт составляющую силы, обусловленную действием электрического поля; её направление совпадает с направлением вектора $\vec{E}$. Второй член (иногда только его называют силой Лоренца) даёт составляющую силы, действующую на частицу со стороны магнитного поля. Эта сила направлена перпендикулярно вектору $\vec{B}$ индукции магнитного поля и вектору скорости частицы $\vec{v}$, поэтому она не совершает работы, а лишь искривляет траекторию частицы, не меняя величины скорости и энергии частицы. В вакууме в постоянном однородном магнитном поле частица движется по винтовой линии с постоянной по величине скоростью v , при этом её движение складывается из равномерного движения вдоль магнитного поля и равномерного движения по окружности в плоскости, перпендикулярной магнитному полю.

сила све́та / luminous intensity // Lichtstärke f : одна из основных *световых величин*, характеризующая свечение источника видимого излучения в некотором направлении. Сила света I равна отношению *светового потока* $d\Phi$, распространяющегося от источника внутри элементарного *телесного угла* $d\Omega$, содержащего данное направление, к этому телесному углу: $I = d\Phi/d\Omega$. Единица СИ силы света — кандела (кд). Понятие силы света применимо на расстояниях от источника, значительно превышающих его размеры.

сила то́ка / current (strength), current intensity // Stromstärke f : скалярная характеристика электрического тока, равная отношению заряда Δq , переносимого через сечение проводника за время Δt , к этому интервалу времени: $I = \Delta q/\Delta t$. Единица силы тока — *ампер*.

сила трéния / friction force // Reibungskraft f : сила сопротивления, возникающего в плоскости касания двух прижатых друг к другу тел при их относительном перемещении, направленная противоположно относительному перемещению данного тела (внешнее трение). Трение представляет собой диссипативный процесс, сопровождающийся выделением теплоты, электризацией

и частичным разрушением тел. Работа силы трения служит мерой диссипации (рассеяния) механической энергии.

Если приложенные к телу силы недостаточны для того, чтобы вызвать скольжение данного тела относительно другого, то возникающая между поверхностями соприкосновения сила называется силой трения покоя (силой статического трения). После того, как приложенная сила превысит некоторое критическое значение, начинается относительное скольжение тел, и сила трения называется силой трения скольжения. Как показывает опыт, величина силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ пропорциональна направленной по нормали к поверхности скольжения силе N , прижимающей тела друг к другу (силе нормальной реакции): $F_{\text{тр}} = \mu N$ и практически не зависит от относительной скорости тел (эмпирический закон Кулона – Амонтона). Коэффициент пропорциональности μ называется *коэффициентом трения* скольжения. Его величина зависит от материала и характера обработки соприкасающихся поверхностей, но не зависит от видимой площади контакта, так как суммарная площадь реального контакта, где взаимодействие поверхностей происходит на межмолекулярном уровне, определяется прижимающей силой N и на несколько порядков меньше кажущейся площади касания. Максимальное значение силы трения покоя во многих случаях можно приближенно считать равным силе трения скольжения, хотя фактически сила трения покоя несколько больше силы трения скольжения.

сила тяготения / gravitational force, gravity // *Schwerkraft* f , Gravitation f : сила, с которой одно массивное тело действует на другое благодаря гравитационному взаимодействию. Для гравитационного взаимодействия точечных масс (*материальных точек*) сила тяготения пропорциональна произведению гравитационных масс тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними (см. *закон всемирного тяготения* Ньютона). Чтобы вычислить силу тяготения, действующую на данную частицу со стороны многих других частиц (или непрерывно распределённого вещества в некоторой области пространства), следует, в соответствии с принципом суперпозиции, векторно сложить силы, действующие со стороны каждой частицы (проинтегрировать в случае непрерывного распределения масс). Для тел конечных размеров со сферически симметричным распределением масс сила тяготения пропорциональна произведению гравитационных масс тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между их центрами. В частности, отсюда следует, что действующая со стороны Земли на какое-либо тело сила тяготения (её обычно называют силой тяжести) направлена к центру Земли, а её величина даётся выражением $F = GMm/r^2$, где G — гравитационная постоянная, M — масса Земли, m — масса тела, r — расстояние тела от центра Земли. Если тело находится вблизи поверхности Земли, то $r \approx R$ ($R = 6370$ км — радиус Земли) и

$F = mg$, где $g \approx GM/R^2 = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения.

сила тяжести : см. *сила тяготения*.

силовые линии / lines of force // Kraftlinien: воображаемые линии, которые используют для изображения какого-либо силового поля (электрического, гравитационного). Силовые линии проводят так, чтобы касательная к ним в каждой точке совпадала по направлению с вектором, характеризующим данное поле (силой или напряжённостью поля). Через каждую точку свободного от источников поля (зарядов) пространства может проходить только одна силовая линия. Густота силовых линий обычно выбирается так, чтобы число линий, пересекающих перпендикулярную к ним единичную площадку, было пропорционально величине напряжённости поля на этой площадке, поэтому силовые линии дают наглядную картину распределения поля в пространстве.

силы инерции / inertial forces // Trägheitskräfte *pl*: см. *сила инерции*, *центробежная сила* и *сила Кориолиса*.

силы реакции / reaction forces // Kompensationskräften *f*: наложение связей, ограничивающих движение механической системы, т.е. налагающих определённые соотношения на координаты точек системы, осуществляется с помощью каких-либо тел (нерастяжимых гибких нитей, недеформируемых стержней, плоскостей скольжения, шарниров и т.п.). Силы, с которыми эти тела действуют на тела рассматриваемой системы, называются силами реакции связей. В задачах механики эти силы, как правило, заранее неизвестны, т.е. сами подлежат нахождению в процессе решения задачи. Направление сил реакции в некоторых случаях определяется видом наложенной связи. Например, для материальной точки, подвешенной на нерастяжимой нити, сила реакции нити направлена вдоль нити; сила реакции гладкой поверхности, действующая на опирающееся на неё тело, направлена перпендикулярно к этой поверхности.

Связи, силы реакции которых действуют перпендикулярно возможным перемещениям тел системы и, следовательно, не совершают работы, называются идеальными. Механические системы с идеальными связями — при отсутствии диссипативных сил — называются консервативными, так как при их движении сохраняется полная *механическая энергия*. Использование *закона сохранения энергии* значительно облегчает исследование консервативных систем.

Заметим, что термины «нерастяжимая нить, недеформируемый стержень» и т.п. — это идеализация. В действительности происходят очень малые растяжения или деформации этих тел, и вызванные ими силы упругости как раз и являются силами реакции.

сильное взаимодействие / strong interaction // starke Wechselwirkung: одно из четырёх фундаментальных взаимодействий *элементарных частиц*.

Три остальных взаимодействия — слабое, электромагнитное и гравитационное — гораздо слабее сильного взаимодействия. В отличие от двух последних, сильное взаимодействие — короткодействующее: его радиус действия около 10^{-15} м.

В окружающем нас мире стабильных веществ сильное взаимодействие не вызывает никаких процессов и его роль сводится к созданию прочной связи между *нуклонами* в атомных ядрах. Однако при столкновениях ядер или нуклонов, обладающих высокой энергией, сильное взаимодействие приводит к *ядерным реакциям*. Важную роль в природе играют реакции слияния (термоядерного синтеза), в результате которых четыре нуклона объединяются в ядро гелия. Эти реакции идут в звёздах и на Солнце, обеспечивая их длительное существование в относительном равновесии и излучаемую ими энергию.

Когда энергия сталкивающихся нуклонов достигает сотен МэВ, сильное взаимодействие приводит к рождению новых нестабильных частиц — π -мезонов, а при ещё больших энергиях — *странных частиц* и множества короткоживущих мезонных и барионных *резонансов* (2). Все частицы, участвующие в сильном взаимодействии, называются *адронами*. Согласно современной теории сильного взаимодействия — квантовой хромодинамике, позволившей объяснить основные наблюдаемые свойства адронов, все адроны состоят из более фундаментальных частиц — *кварков* (мезоны — из кварка и антикварка, барионы — из трёх кварков), а силы между кварками обусловлены обменом глюонами.

символ / symbol // Symbol n : в математике и физике — буква или цифра, знак, обозначение.

символ Кристоффеля / Christoffel symbol // Christoffelsymbol n : пусть в *римановом пространстве* расстояние ds между двумя бесконечно близкими точками $(x^1, \dots, x^n)$ и $(x^1 + dx^1, \dots, x^n + dx^n)$ введено по формуле $ds^2 = \sum_{i,k=1}^n g_{ik} dx^i dx^k$, где $g_{ik}(x^1, \dots, x^n)$ — компоненты метрического тензора.

Функции координат

$$\Gamma_{ij,k} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial x^j} + \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^i} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^k} \right), \quad \Gamma_{jk}^i = \sum_{s=1}^n g^{sj} \Gamma_{jk,s}$$

называются символами Кристоффеля соответственно 1-го рода и 2-го рода; здесь g^{sj} — элементы матрицы, обратной к матрице $\{g_{ij}\}$.

символ Кронекера / Kronecker delta // Kroneckersymbol n : $\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & i = k \\ 0, & i \neq k. \end{cases}$

симметричный оператор, симметрический оператор / symmetric operator, symmetrical operator // symmetrischer Operator: *линейный оператор*

A в гильбертовом пространстве H с областью определения $D(A)$, плотной в H , называется симметричным, если $(Ax, y) = (x, Ay)$ для любых $x, y \in D(A)$. В конечномерном унитарном пространстве с ортонормированным базисом симметричные операторы представлены эрмитовскими матрицами.

Пусть A и B — линейные операторы, $D(A) \subset D(B)$ и $Ax = Bx$ для любого $x \in D(A)$, тогда B называют расширением оператора A и пишут $A \subset B$. Если A — симметричный оператор, A^* — его сопряжённый оператор, то $A \subset A^*$. Пусть A — симметричный оператор, $\tilde{A}$ — его симметричное расширение, тогда $A \subset \tilde{A} \subseteq (\tilde{A})^* \subset A^*$. Всякий самосопряжённый оператор, т.е. оператор A такой, что $A = A^*$, является симметричным, но не наоборот. Симметричный оператор с равными индексами дефекта n_- и n_+ может быть расширен до самосопряжённого оператора. Например, оператор A , порождённый в пространстве $L_2[0, 1]$ дифференциальным выражением $Ay = -\frac{d^2y}{dx^2} + xy$ на бесконечно дифференцируемых функциях $y(x)$, равных нулю вблизи концов промежутка $[0, 1]$, является симметричным, и $n_- = n_+ = 2$. Одно из самосопряжённых расширений $\tilde{A}$ определено на непрерывных функциях, равных нулю на концах промежутка и имеющих внутри $[a, b]$ абсолютно непрерывную производную y' , причём $y'' \in L_2[0, 1]$.

симметрия, симметрия / symmetry // Symmetrie f : в математике — общее понятие, выражающее определённую однородность структуры. В геометрии: симметрия фигуры Φ — свойство этой фигуры совмещаться с собой под действием некоторой группы ортогональных преобразований, называемой группой симметрии Φ ; при этом сами преобразования также называются симметриями.

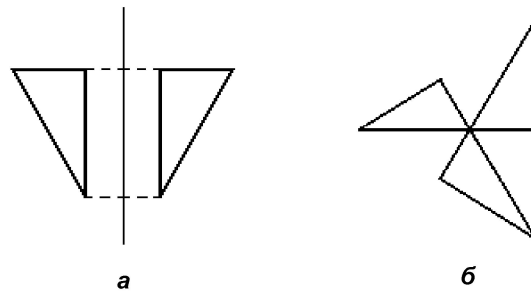


Рис. 157: а - осевая симметрия, б - симметрия 3-го порядка относительно центра

Основные виды симметрии на плоскости: а) симметрия относительно прямой линии, называемой осью симметрии, — самосовмещение фигуры при отражении относительно данной прямой; б) симметрия n -го порядка относительно центра — самосовмещение при повороте вокруг данного

центра на угол $360^\circ/n$; частный случай — симметрия 2-го порядка, называемая центральной симметрией; в) симметрия переноса — самосовмещение при параллельном переносе на некоторый отрезок (паркет, орнаменты). Круг имеет симметрию бесконечного порядка относительно центра.

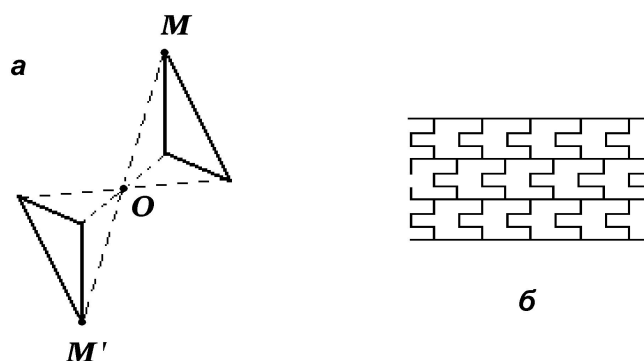


Рис. 158: а - центральная симметрия, б - симметрия переноса на плоскости

Виды пространственной симметрии: а) центральная симметрия: каждой точке M фигуры соответствует точка M' фигуры, симметричная относительно центра O симметрии, т.е. точка O является серединой отрезка MM' ; б) симметрия относительно плоскости — самосовмещение фигуры при *отражении* относительно некоторой плоскости, называемой плоскостью симметрии; в) симметрия n -го порядка относительно прямой — самосовмещение при повороте вокруг данной прямой (называемой осью симметрии) на угол $360^\circ/n$ (пример: правильная n -угольная пирамида); г) симметрия переноса (пример: кристаллическая решетка).

симметрія / symmetry // Symmetrie *f*: в физике — см. *принципы симметрии*.

сѣмплекс / simplex // Simplex n : в геометрии и *алгебраической топологии*: 0-мерный симплекс — одна точка, 1-мерный — отрезок, 2-мерный — треугольник (часть плоскости, ограниченная тремя отрезками), 3-мерный — треугольная пирамида, или тетраэдр (часть пространства, ограниченная четырьмя треугольниками). Каждому симплексу размерности $n > 0$ соответствуют «боковые» симплексы меньшей размерности: при $n = 1$ — две точки; при $n = 2$ — три отрезка и три точки; при $n = 3$ — четыре треугольника, шесть отрезков и четыре точки. Нуль-мерные симплексы называют вершинами, одномерные — рѣбрами. Из симплексов можно составлять комплексы и *полиѣдры*. Полиѣдры, состоящие из вершин и рѣбер, рассматриваются в теории *графов*. В задачах *линейного программирования*

важное значение имеет т.н. симплекс-метод. Понятие симплекса обобщается на n -мерные *евклидовы пространства* и *топологические пространства*.

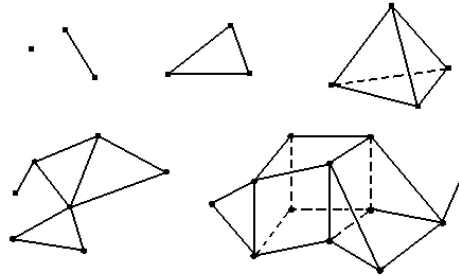


Рис. 159: Симплексы и полиэдры

синергэтика / synergetics // Synergetik f : область научных исследований, цель которых состоит в выявлении общих закономерностей в процессах образования и разрушения упорядоченных пространственных и временных структур в сложных неравновесных открытых системах различной природы (физических, химических, биологических, экологических и др.). Возникновение организованного поведения может быть результатом развития неустойчивостей в сложной системе (самоорганизация). Наряду с самоорганизацией в синергетике рассматриваются также вопросы возникновения *хаоса* (сложного поведения) в диссипативных *динамических системах*.

синусоидальные колебания / sinusoidal oscillation // sinusförmige Schwingungen: то же, что *гармонические колебания*.

синус / sine, sine function // Sinusfunktion f , Sinus m : одна из *тригонометрических функций*. Синус острого угла $\alpha = \angle BAC$ в *прямоугольном треугольнике* ABC , где угол $\angle ACB$ — прямой, определяется как отношение длины a катета BC к длине c гипотенузы AB : $\sin \alpha = \frac{a}{c}$. При помощи *тригонометрического круга* понятие синуса обобщается на любые действительные значения α .

синусоида / sine curve, sinusoid // Sinuskurve f , Sinusoide f : график функции *синус*. Отличается от *косинусоиды* сдвигом на $\pi/2$ вдоль оси абсцисс.

синхронизация колебаний / oscillation synchronization // Synchronisation der Schwingungen: установление и поддержание такого режима колебаний двух или нескольких связанных систем, при котором их частоты равны или кратны друг другу. При взаимной синхронизации взаимодействующих систем устанавливаются колебания с частотой, отличающейся от исходных частот систем; в случае принудительной синхронизации, называемой также захватыванием частоты, одна из систем (синхронизирующая) влияет на другие (синхронизируемые), навязывая им свою частоту, в то время как

обратное влияние отсутствует.

Синхронизация колебаний двух связанных систем, имеющих в отсутствие взаимодействия частоты ω_1 и ω_2 , обычно происходит при значениях разности частот $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$, находящихся в пределах определённого интервала, называемого полосой синхронизации (полосой захватывания частоты). Полоса синхронизации тем уже, чем слабее связь между системами.

Благодаря явлению синхронизации колебаний генераторы переменного тока, синхронные двигатели и др. нелинейные системы могут входить в синхронный режим, что позволяет, например, нескольким генераторам устойчиво работать на общую сеть промышленной энергосистемы; больным людям с нарушением ритма сердечных сокращений вживляют электронный синхронизатор (так называемый кардиостимулятор). Когерентное вынужденное излучение системы, состоящей из большого числа возбуждённых осцилляторов, с классической точки зрения можно рассматривать как результат синхронизации колебаний этих осцилляторов коллективным полем излучения.

синхрофазотро́н / synchrophasotron // Synchrophasotron n : циклический резонансный ускоритель тяжёлых частиц (протонов, ионов), в котором магнитное поле и частота ускоряющего электрического поля согласованно изменяются во времени так, чтобы радиус орбиты частиц в магнитном поле оставался неизменным в процессе ускорения.

систéма единиц / system of units // System der Maßeinheiten: в физике — совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с некоторыми принципами. Системы единиц строятся на основе физических теорий, отражающих объективно существующую взаимосвязь физических величин. Это позволяет ввести единицы для большинства физических величин через совокупность небольшого числа основных (независимых) единиц системы. Связь производных единиц с основными выражается формулами размерности (см. *размерность физической величины*). Обычно в качестве основных выбирают единицы, которые можно воспроизвести при помощи *эталонов* с наивысшей точностью, соответствующей уровню развития техники к данную эпоху.

В настоящее время в технике чаще других используется Международная система единиц (см. *система СИ*). В физике наиболее употребительна так называемая симметричная система СГС, которую называют также гауссовой системой единиц в честь немецкого ученого К.Гаусса. Гауссова система построена на трех основных единицах: сантиметр, грамм, секунда.

систéма координáт, координатная система / coordinate system // Koordinatensystem n : на плоскости или в пространстве — правило соответствия между точками плоскости (пространства) и парами (соответственно, тройками) действительных чисел. Системы координат подразделяются на линейные и криволинейные. Линейная система координат на плоскости (в пространстве)

задаётся двумя (соответственно, тремя) *координатными осями*, имеющими общее начало. Частный случай — прямоугольная *декартова система координат*. См. также *базис*.

Криволинейная система координат в области B на плоскости образована такими двумя *однопараметрическими семействами* кривых, что в каждой точке области B пересекаются под ненулевым углом две кривые: одна кривая из первого семейства и одна из второго. Эти кривые называются координатными линиями, а соответствующие значения параметров — координатами точки; предполагается, что соответствие точек и пар координат взаимно однозначное. Семейства кривых могут быть заданы, например, в форме $f(x, y) = u$, $g(x, y) = v$, где x, y — *декартовы координаты*, u, v — независимые параметры, f и g — заданные гладкие функции, причём *якобиан* $\frac{D(f, g)}{D(x, y)} \neq 0$. При фиксированных значениях u или v получаются соответствующие координатные линии. Частный случай криволинейной системы координат на плоскости — система *полярных координат*.

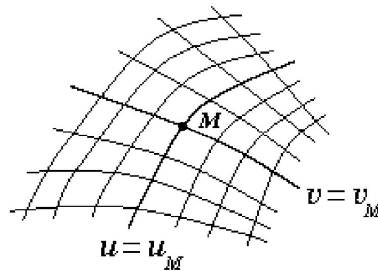


Рис. 160: Криволинейная система координат на плоскости

В пространстве система криволинейных координат образована тремя однопараметрическими семействами поверхностей таким образом, что в каждой точке пересекаются под ненулевыми углами три поверхности, по одной из каждого семейства; эти поверхности называются координатными поверхностями, а соответствующие значения параметров — координатами точки. Координатные поверхности из различных семейств, попарно пересекаясь, образуют координатные линии. Частные случаи криволинейных систем координат — системы *цилиндрических координат* и *сферических координат*.

система линейных алгебраических уравнений [сокр: СЛАУ], система линейных уравнений / system of linear (algebraic) equations, set of linear equations // System von linearen (algebraischen) Gleichungen, lineares Gleichungssystem : система p линейных алгебраических уравнений с

неизвестными $x_1, \dots, x_n$ имеет вид:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \dots + a_{pn}x_n = b_p \end{cases}$$

Здесь заданы: «коэффициенты» — числа a_{ik} при $i = 1, \dots, p$, $k = 1, \dots, n$, и «правые части» — числа $b_1, \dots, b_p$. Решить систему — значит найти решение, т.е. такой набор значений неизвестных $x_1, \dots, x_n$, при которых все уравнения системы превращаются в верные равенства. В векторных обозначениях система записывается в виде $A\vec{x} = \vec{b}$, где $A = \{a_{ik}\}$ — матрица системы, $\vec{b} = (b_1, \dots, b_p)$ — столбец правых частей, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$ — искомый вектор. Приписывая справа к матрице A столбец правых частей $\vec{b}$, получаем «расширенную матрицу» $A|\vec{b}$. Теорема Кронекера–Капелли: решение системы существует в том и только том случае, когда ранг расширенной матрицы $A|\vec{b}$ равен рангу матрицы A .

Для практического нахождения решения системы применяют обычно *метод Гаусса*. В частном случае, когда $n = p$, т.е. число уравнений равно числу неизвестных, причём $\det A \neq 0$, применимо *правило Крамера*.

система линейных обыкновенных дифференциальных уравнений

[сокр: система линейных ОДУ] / system of linear ordinary differential equations [сокр: system of linear ODE] // System von linearen gewöhnlichen Differentialgleichungen: система линейных ОДУ 1-го порядка имеет вид:

$$\begin{cases} x'_1 = a_{11}(t)x_1 + \dots + a_{1n}(t)x_n + f_1(t) \\ \dots \\ x'_n = a_{n1}(t)x_1 + \dots + a_{nn}(t)x_n + f_n(t) \end{cases}$$

Здесь $a_{ik}(t)$ и $f_k(t)$ — заданные функции независимой переменной t , $x_1, \dots, x_n$ — искомые функции. Векторная запись системы: $\vec{x}' = A(t)\vec{x} + \vec{f}(t)$, где $A(t)$ — матрица $n \times n$ с элементами $a_{ik}(t)$, $\vec{f}(t)$ и $\vec{x} = \vec{x}(t)$ — вектор-столбцы с элементами $f_1(t), \dots, f_n(t)$ и $x_1(t), \dots, x_n(t)$, соответственно.

Система называется однородной системой (ОС), если $\vec{f}(t) \equiv \vec{0}$, и неоднородной системой (НС) в противном случае. Общее решение НС есть сумма какого-нибудь решения $\vec{x}_*(t)$ НС («частного решения») и общего решения ОС: $\vec{x}(t) = \vec{x}_*(t) + C_1\vec{x}_1(t) + \dots + C_n\vec{x}_n(t)$, где $\vec{x}_k(t)$ ($k = 1, \dots, n$) — линейно независимые решения ОС, а C_k — произвольные постоянные. Замечание: дифференцируя уравнения системы и исключая неизвестные, можно привести систему к одному линейному дифференциальному уравнению порядка n .

В важном частном случае, когда матрица A постоянна, для построения решения ОС надо найти корни $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ характеристического уравнения

$\det(A - \lambda I) = 0$ этой матрицы. Каждому простому корню λ соответствует вектор-решение ОС вида $\vec{x} = e^{\lambda t} \vec{C}$, а каждому s -кратному корню — вектор-решения вида $e^{\lambda t} t^j \vec{C}$, $j = 0, 1, \dots, j_0 - 1$ ($j_0 \leq s$). В совокупности эти векторы образуют базис пространства решений ОС, а их линейная комбинация — общее решение ОС. Решение НС можно построить методом вариации произвольных постоянных.

Рассматриваются также системы линейных ОДУ m -го порядка вида $\vec{x}^{(m)} = A(t)\vec{x} + B(t)\vec{x}' + \dots + W(t)\vec{x}^{(m-1)} + \vec{f}(t)$.

система обыкновенных дифференциальных уравнений [сокр: система ОДУ] / system of ordinary differential equations [сокр: system of ODE] // System von gewöhnlichen Differentialgleichungen: нормальная система ОДУ 1-го порядка имеет вид:

$$\begin{cases} x'_1 = f_1(t, x_1, \dots, x_n) \\ x'_2 = f_2(t, x_1, \dots, x_n) \\ \dots \\ x'_n = f_n(t, x_1, \dots, x_n) \end{cases}$$

Здесь t — независимая переменная, $f_1, \dots, f_n$ — заданные функции, $x_1(t), \dots, x_n(t)$ — искомые функции. Векторная запись нормальной системы: $\vec{x}' = \vec{f}(t, \vec{x})$.

Общий вид системы ОДУ 1-го порядка:

$$\begin{cases} F_1(t, x_1, \dots, x_n, x'_1, \dots, x'_n) = 0 \\ \dots \\ F_n(t, x_1, \dots, x_n, x'_1, \dots, x'_n) = 0 \end{cases}$$

То же, в векторном виде: $\vec{F}(t, \vec{x}, \vec{x}') = \vec{0}$. Векторная запись общей системы ОДУ m -го порядка: $\vec{F}(t, \vec{x}, \vec{x}', \dots, \vec{x}^{(m)}) = \vec{0}$.

система отсчёта / frame of reference // Bezugssystem n : в механике — совокупность: (а) тела отсчёта, по отношению к которому изучается движение, (б) связанной с этим телом *системы координат* для задания пространственного положения частиц и *событий*, и (в) часов для задания моментов времени, соответствующих событиям. В задачах *кинematики* все системы отсчета равноправны; выбор системы диктуется исключительно соображениями удобства. В задачах *динамики* преимущественная роль отводится *инерциальным системам отсчета*, по отношению к которым дифференциальные уравнения движения имеют наиболее простой вид.

система СГС, гауссова система / Gaussian system of units // Gaußsches Einheitensystem n : см. *система единиц*.

система СИ, система единиц СИ / International system of units SI, SI system of units // das Internationale System der Maßeinheiten SI: международная *система единиц* физических величин, состоящая из 7 основных и 2 дополнительных

единиц. Ниже приведён список основных и некоторых производных единиц СИ в следующем виде: дано название физической величины, затем двоеточие, русское название соответствующей единицы и её обозначение, а после знака || дано международное обозначение.

Основные единицы:

длина: метр, м || m;

время: секунда, с || s;

масса: килограмм, кг || kg;

термодинамическая температура: кельвин, К || K;

количество вещества: моль, моль || mol;

сила электрического тока: ампер, А || A;

сила света: кандела, кд || cd.

Дополнительные единицы:

плоский угол: радиан, рад || rad;

телесный угол: стерadian, ср || sr.

Производные единицы:

скорость: метр в секунду, м/с || m/s;

ускорение: метр на секунду в квадрате, м/с² || m/s²;

угловая скорость: радиан в секунду, рад/с || rad/s;

частота: герц, Гц || Hz;

плотность: килограмм на кубометр, кг/м³ || kg/m³;

импульс: килограмм-метр в секунду, кг·м/с || kg · m/s;

сила: ньютон, Н || N;

давление: паскаль, Па || Pa;

работа и энергия: джоуль, Дж || J;

мощность: ватт, Вт || W;

электрический заряд: кулон, Кл || C;

напряжённость электрического поля: вольт на метр, В/м || V/m;

разность потенциалов: вольт, В || V;

электрическая ёмкость: фарад, Ф || F;

электрическое сопротивление: ом, Ом || Ω;

удельное электрическое сопротивление: ом-метр, Ом·м || Ω·m;

магнитная индукция: тесла, Тл || T;

магнитный поток: вебер, Вб || Wb;

индуктивность: генри, Гн || H;

световой поток: люмен, лм || lm;

освещённость: люкс, лк || lx.

система счисления / number system // Zahlensystem *n*: система записи чисел. Различают позиционные системы счисления и непозиционные системы (например, римская система). Позиционные системы обладают важным преимуществом перед непозиционными: сложение и умножение

чисел в позиционных системах выполняется весьма удобно («столбиком»). Для построения позиционной системы счисления выбирают основание, или базисное число, p (обычно 10, реже 2 или 16) и соответственно p различных символов, называемых цифрами. Каждая цифра обозначает одно из чисел от 0 до $p - 1$. Например, в десятичной системе $p = 10$, цифры: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; в двоичной $p = 2$, цифры 0, 1. Каждое натуральное число можно единственным образом представить суммой вида $b_s p^s + b_{s-1} p^{s-1} + \dots + b_1 p^1 + b_0 p^0$, где b_k — цифры. В p -ичной системе (т.е. системе с основанием p) это число записывается в виде последовательности цифр в соответствии с их порядком в указанной сумме: $b_s b_{s-1} \dots b_1 b_0$. Например, в десятичной системе число $7 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$ запишется в виде 721; в двоичной системе число $1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$ запишется в виде 101, а оно же в десятичной системе будет выглядеть как 5.

Для записи дробных чисел используют отрицательные степени основания p . Например, число 3,14 в десятичной системе означает $3 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 4 \cdot 10^{-2}$; число 10,11 в двоичной системе означает $1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2}$, а оно же в десятичной записи будет выглядеть как $1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot \frac{1}{2} + 1 \cdot \frac{1}{4} = 2 + 0,5 + 0,25 = 2,75$. При переходе от записи дробного числа в одной позиционной системе к его записи в другой позиционной системе могут возникать бесконечные *периодические дроби*, например, десятичное число 0,2 в двоичной форме имеет вид 0,001100110011...

систематизация / systematization, classification // Systematisierung
f: приведение множества объектов в определённый порядок при помощи какой-либо системы; классификация, см. *класс (1)*.

систематическая ошибка / bias, systematic error // systematischer Fehler, Verzerrung *f*, Bias *m*: см. *теория ошибок*.

система уравнений / set of equations // Gleichungssystem *n*: два или большее число *уравнений*, рассматриваемых совместно. Систему из *m* уравнений с неизвестными $x_1, x_2, \dots, x_n$ записывают в виде

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \dots \dots \dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{cases}$$

или в векторном виде: $\vec{f}(\vec{x}) = \vec{0}$. Набор значений неизвестных, при подстановке которых в систему каждое уравнение становится верным равенством, называется решением системы. См. также *система линейных алгебраических уравнений*.

системы с распределёнными параметрами, распределённые системы / distributed-parameter systems, continuous systems // Systeme mit verteilten Parametern: системы, состоящие из элементов, непрерывно распределённых

в конечных областях пространства, так что происходящие в них движения нельзя рассматривать как движения идеализированных дискретных объектов (точечных масс, безмассовых упругих пружин и т.п., см. *системы с сосредоточенными параметрами*). Например, при изучении колебаний натянутой струны можно считать, что такие параметры реальной системы, как масса и упругость, распределены непрерывно и меняются от точки к точке, если длина волны много больше межатомных расстояний. Системы с распределёнными параметрами обладают бесконечно большим числом *степеней свободы*, т.е. имеют бесконечное число *мод* (нормальных колебаний) и соответствующих им *собственных частот*. Процессы в распределённых системах описываются функциями нескольких переменных (пространственных координат и времени), удовлетворяющими *дифференциальным уравнениям с частными производными* или *интегральным уравнениям*.

системы с сосредоточенными параметрами, дискретные системы / lumped-parameter systems, discrete systems // Systeme mit konzentrierten Parametern: системы, движение которых можно описывать как движение точечных объектов. Например, модель молекулы в виде массивных шариков, соединенных пружинками, используемую для изучения колебаний молекулы, можно рассматривать как дискретную систему; колебательный контур, состоящий из соединенных проводниками катушки индуктивности, конденсатора и резистора, можно рассматривать как дискретную систему, когда геометрические размеры всех его элементов значительно меньше длины электромагнитной волны, соответствующей рассматриваемым колебаниям. Описание движения дискретной системы сводится к *системе обыкновенных дифференциальных уравнений*.

сифон / syphon // Saugheber *m*: изогнутая трубка с коленами разной длины, по которой жидкость переливается из сосуда с более высоким уровнем в сосуд с более низким уровнем.

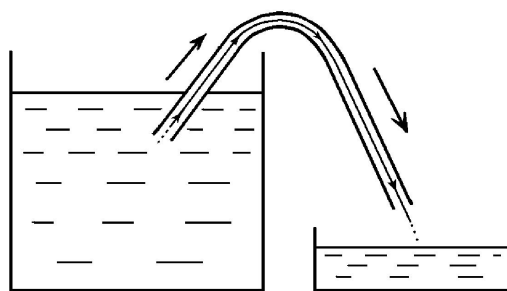


Рис. 161: Принцип действия сифона

скаля́р / scalar // Skalar *m*: в физике и математике: скаляр, или скалярная величина, — величина, характеризующаяся одним числом (в отличие от *вектора*) и остающаяся неизменной при переходе от одной системы координат к другой: *длина* отрезка, *площадь* фигуры, *масса* тела, *температура*.

скаля́рная величина́: см. *скаляр*.

скаля́рное по́ле / scalar field // Skalares Feld: см. *поле 1*.

скаля́рное произведе́ние / scalar product, inner product, dot product // Skalarprodukt *n*: 1) в геометрии: скалярное произведение $(\vec{a}, \vec{b})$ *векторов* $\vec{a}$ и $\vec{b}$ определяется формулой $(\vec{a}, \vec{b}) = a \cdot b \cdot \cos \gamma$, где $p = |\vec{p}|$ означает длину вектора $\vec{p}$, γ — угол между векторами $\vec{a}$ и $\vec{b}$. 2) Скалярное произведение в действительном *векторном пространстве* X в общем случае определяется как действительная функция $\phi(\vec{x}, \vec{y})$ двух векторных аргументов $\vec{x} \in X$, $\vec{y} \in X$, обладающая следующими свойствами:

(1) симметрия по отношению к перестановке сомножителей (коммутативность): $\phi(\vec{x}, \vec{y}) = \phi(\vec{y}, \vec{x})$;

(2) линейность по первому аргументу: $\phi(\alpha\vec{x} + \beta\vec{y}, \vec{z}) = \alpha\phi(\vec{x}, \vec{z}) + \beta\phi(\vec{y}, \vec{z})$ для любых действительных чисел α и β ;

(3) невырожденность: $\phi(\vec{x}, \vec{x}) > 0$ для любого $\vec{x} \neq \vec{0}$.

В комплексном пространстве скалярное произведение может принимать комплексные значения, равенство (1) заменяется на $\phi(\vec{x}, \vec{y}) = \overline{\phi(\vec{y}, \vec{x})}$, а множители α и β , участвующие в равенстве (2), могут быть комплексными. Такое пространство называют унитарным пространством.

Скалярное произведение часто обозначают $(\vec{x}, \vec{y})$, $\vec{x} \cdot \vec{y}$ или просто $\vec{x}\vec{y}$. Для функций $f(x)$ и $g(x)$ скалярное произведение обычно записывают в виде $(f(x), g(x))$ или (f, g) . Пример: в пространстве *непрерывных* на отрезке $[a, b]$ действительных функций скалярное произведение определяется формулой $(f, g) = \int_a^b f(x)g(x) dx$; для *комплекснозначных функций* скалярное произведение вводится по формуле $(f, g) = \int_a^b f(x)\overline{g(x)} dx$.

ска́нер, скэнер / scanner // Scanner *m*: оптико-электрический аппарат, способный считывать («сканировать») информацию, записанную в виде рисунка или набора символов, и преобразовывать её к виду, пригодному для компьютерной обработки.

скачкоо́бразная фу́нкция / jump function // Sprungfunktion *f*: кусочно-непрерывная функция, все разрывы которой — *скачки*. Частный случай — *кусочно-постоянная функция*.

скачо́к / jump // Sprung *m*: в математике: скачок функции — такой её *разрыв*, что в точке разрыва x_0 существуют пределы функции слева и справа, и они не равны друг другу: $\lim_{x \rightarrow x_0-0} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow x_0+0} f(x)$. Скачком называется также разность пределов справа и слева. Пример: $f(x) =$

$|x|/x$ имеет скачок в точке $x_0 = 0$, равный 2.

скачо́к уплотне́ния, ударная волна / compression shock // Verdichtungsstoß *m*: при сверхзвуковом течении газа — узкая область, в которой происходит резкое уменьшение скорости газа и соответствующий рост давления, температуры и плотности. Толщина скачка уплотнения, т.е. расстояние, на котором происходит резкое изменение параметров газа, — порядка средней длины свободного пробега молекул.

сквозно́е отображе́ние / composition, composition mapping // Komposition der Abbildungen: в математике — то же, что *сложная функция*, т.е. отображение вида $h(x) = f(g(x))$.

скин-эффе́кт, поверхностный эффект / skin-effect // Skineffekt *m*: в физике — затухание высокочастотного электромагнитного поля по мере его проникновения вглубь проводника. Явление обусловлено *индукционными токами* (вихревыми токами), возникающими в проводнике. Скин-эффект проявляется тем сильнее, чем выше частота электромагнитного поля и чем больше *магнитная проницаемость* и *электропроводность* проводника.

скла́дывать / add, sum // addieren: в математике — выполнять *сложение*.

скле́ивать / paste together, piece together, glue together, identify // verheften, identifizieren: в математике — то же, что *отождествлять*.

склон / slope // Abhang *m*: в геометрии — наклонная поверхность.

ско́бка / parenthesis, bracket, brace // Klammer *f*: орфографический знак. В математических формулах используется для указания на порядок выполнения арифметических операций, например, в выражении $3(a + b(c + d))$ сначала выполняется сложение $c + d$, результат умножается на b , к полученному числу добавляется число a , и результат умножается на число 3. Встречаются: круглые скобки $()$ / parentheses, round brackets // runde Klammern; квадратные скобки $[]$ / (square) brackets // eckige Klammern; фигурные скобки $\{\}$ / braces, curly brackets // geschweifte Klammern; угловые скобки $\langle \rangle$ / pointed brackets, angle brackets, chevrons // spitze Klammern.

ско́бка Пуассо́на / Poisson bracket // Poisson-Klammer *f*: в математике и теоретической механике: скобка Пуассона $[u, v]$ функций u и v , зависящих от переменных $x_1, \dots, x_n$ («координат») и $p_1, \dots, p_n$ («импульсов»), определяется формулой

$$[u, v] = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial u}{\partial x_k} \frac{\partial v}{\partial p_k} - \frac{\partial v}{\partial x_k} \frac{\partial u}{\partial p_k} \right).$$

скольже́ние / sliding, gliding // Gleiten *n*: в физике — поступательное перемещение тела по поверхности другого тела. «Трение скольжения» / sliding [or: kinetic] friction // Gleitreibung *f*: см. *сила трения*.

скоплéние / accumulation, cluster // Ansammlung *f*, Anhäufung *f*;
«Звёздное скопление» / star cluster, stellar cluster // Sternhaufen *m*.

скóрость / velocity, speed // Geschwindigkeit *f*, Schnelligkeit *f*: в физике — векторная физическая величина, характеризующая быстроту и направление движения тела (частицы, или материальной точки). Средняя скорость за промежуток времени Δt равна отношению соответствующего перемещения $\Delta \vec{r}$ к этому промежутку времени: $\vec{v}_{\text{ср}} = \Delta \vec{r} / \Delta t$. Мгновенная скорость $\vec{v}$ равна пределу средней скорости при стремлении Δt к нулю, т.е. *производной* по времени от радиуса-вектора частицы: $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{\text{ср}} = d\vec{r}/dt$. Вектор скорости направлен по касательной к *траектории* частицы.

скóрость звúка / speed of sound // Schallgeschwindigkeit *f*: скорость перемещения волновых поверхностей (скорость фронта) упругой звуковой волны. В большинстве сред скорость звука при заданных внешних условиях не зависит от частоты волны и её амплитуды. В газах и жидкостях распространение звука происходит адиабатически, т.е. периодические изменения температуры, происходящие при сжатиях и разрежениях в звуковой волне, не успевают выравниваться за период колебаний. В идеальном газе скорость звука определяется формулой Лапласа $c = \sqrt{\gamma p_0 / \rho} = \sqrt{\gamma R T / \mu}$, где $\gamma = C_p / C_V$ — отношение теплоёмкостей газа при постоянных давлении и объёме, ρ — плотность, p_0 — среднее давление в газе, R — *газовая постоянная*, μ — *молярная масса* газа. В воздухе при нормальных условиях скорость звука равна приблизительно 330 м/с.

В газах и жидкостях могут распространяться только звуковые *продольные волны*, а в протяжённых твёрдых телах наряду с продольными могут существовать и *поперечные волны* (или сдвиговые волны), скорость которых всегда меньше скорости продольных волн. Скорости звуковых волн в твёрдых телах определяются *модулями* упругости материала. В твёрдых телах ограниченных размеров могут существовать и другие типы волн, в частности, *поверхностные волны*, скорость которых меньше скорости как продольных, так и поперечных волн. Скорость продольной волны в тонком стержне равна $\sqrt{E / \rho}$, где E — модуль Юнга (см. *модуль (4)*), ρ — плотность материала.

скóрость свéта / speed of light // Lichtgeschwindigkeit *f*: расстояние, проходимое световой волной за 1 секунду. В *вакууме* скорость света c , как и скорость любых *электромагнитных волн*, равна 299 792 458 м/с. Это одна из фундаментальных физических постоянных; она представляет собой универсальную предельную скорость распространения любых физических воздействий и сигналов, она одинакова во всех системах отсчета (см. *теория относительности*). Скорость света c связывает массу и полную энергию материального тела ($E = mc^2$); константа c входит в формулы

преобразования координат и времени любого события (см. *преобразования Лоренца*) и в формулы *преобразования скорости* при переходе от одной системы отсчета к другой, а также во многие другие соотношения.

Скорость света c' в прозрачных средах меньше c ; она зависит от *показателя преломления* среды, различного для световых волн разной частоты (см. *дисперсия (1)*): $c' = c/n(\nu)$. Из-за дисперсии *групповая скорость* световых волн отличается от *фазовой скорости*; в вакууме эти скорости совпадают. В большинстве опытов по измерению скорости света измерялась скорость сигнала либо скорость передачи энергии, которая в таких экспериментах фактически совпадает с групповой скоростью. Совпадение измеренной на опыте скорости света в пустоте с теоретически вычисленной (на основе уравнений электродинамики) скоростью электромагнитных волн позволило английскому физiku Дж. Максвеллу в середине XIX века сделать заключение о том, что свет представляет собой электромагнитные волны и тем самым разрешить центральную для оптики проблему природы света.

скрѐцивающиеся прямые / skew lines // windschiefe Geraden, sich kreuzende Geraden: в геометрии — прямые в пространстве, не лежащие в одной плоскости. Скрѐцивающиеся прямые не параллельны и не имеют общих точек.

скрытая симметрия / hidden symmetry, latent symmetry // verdeckte Symmetrie, latente Symmetrie: явная *симметрия* квантовомеханической системы (например, в случае изолированного атома симметрия относительно поворотов системы как целого) приводит к вырождению уровней энергии системы: определѐнному уровню энергии отвечает несколько различных состояний, волновые функции которых преобразуются друг через друга при *преобразованиях симметрии* (образуют базис неприводимого представления группы симметрии системы). Помимо вырождения уровней энергии, связанного с явной симметрией, в ряде задач существует дополнительное вырождение, связанное с так называемой скрытой симметрией взаимодействия. Такие скрытые симметрии существуют, например, для кулоновского взаимодействия и для трёхмерного изотропного *осциллятора*. В классической механике скрытая симметрия кулоновского поля проявляется в совпадении (вырождении) периодов азимутального и радиального движений, а скрытая симметрия поля изотропного осциллятора — в двукратном отношении этих периодов, что приводит к замкнутым орбитам частиц, движущихся в таких центральных полях.

скрытый / hidden, latent // latent, verdeckt: спрятанный, утаѐнный, засекреченный. В физике: «скрытое состояние» / latent state // latenter Zustand.

слабая сходимость / weak convergence // schwache Konvergenz: последовательность

элементов $\{x_n\}$, $n = 1, 2, \dots$, банахова пространства X называется слабо сходящейся к элементу $a \in X$, если для любого линейного непрерывного функционала l из сопряжённого пространства X' выполняется условие $\lim_{n \rightarrow \infty} l(x_n) = l(a)$. Если последовательность $\{x_n\}$ сходится к $a \in X$ по норме, т.е. $\|x_n - a\| \rightarrow 0$, то она сходится к a и в слабом смысле; обратное утверждение, вообще говоря, неверно.

слабее / weaker // schwacher: «в диэлектриках электрическое поле слабее, чем в вакууме» / the electric field in a dielectric is weaker than in vacuum // das elektrische Feld in einem Nichtleiter ist schwacher als im Vakuum.

сла́бо / weakly // schwach: не сильно, мало заметно. «Тепловая расширяемость жидкостей (за исключением воды) слабо зависит от температуры» / thermal expansivity of liquids (with the exception of water) weakly depends on the temperature // die Wärmeausdehnungskeit der Flüssigkeiten (außer Wasser) hängt schwach von der Temperatur ab.

сла́бое взаимодействие / weak interaction // schwache Wechselwirkung: одно из четырёх известных фундаментальных взаимодействий между элементарными частицами. Слабое взаимодействие значительно слабее и сильного взаимодействия, и электромагнитного, но гораздо сильнее гравитационного взаимодействия. Однако в повседневно встречающихся явлениях роль гравитационного взаимодействия гораздо заметнее, так как оно, как и электромагнитное, имеет бесконечно большой радиус действия. Поэтому, например, тела на поверхности Земли испытывают действие гравитационного притяжения со стороны всех атомов земного шара. Несмотря на малую величину и короткодействие, слабое взаимодействие играет очень важную роль в природе. В отсутствие слабого взаимодействия было бы невозможно свечение Солнца и звёзд, так как был бы невозможен процесс превращения протона в нейтрон, позитрон и нейтрино, в результате которого четыре протона превращаются в ${}^4\text{He}$ — именно этот процесс служит источником энергии Солнца и большинства звёзд. Наиболее распространённый процесс, обусловленный слабым взаимодействием — *бета-распад* радиоактивных ядер.

В современной теоретической физике слабое взаимодействие рассматривается как проявление единого электрослабого взаимодействия, теория которого была создана в 60-х годах XX столетия.

сла́бое решéние / weak solution // schwache Lösung: в теории дифференциальных уравнений — обобщение понятия решения. Локально интегрируемая функция $u(x)$ называется слабым решением уравнения $Lu(x) = f(x)$ в области $x \in B$, если

$$\int_B u(x) L^* \varphi(x) dx = \int_B f(x) \varphi(x) dx \quad (\dagger)$$

для любой *гладкой* функции $\varphi(x)$, равной нулю в окрестности границы ∂B области B . Здесь $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbf{R}^n$; L — линейный дифференциальный оператор, т.е. сумма выражений вида $a(x_1, \dots, x_n) \frac{\partial^m}{\partial x_1^{m_1} \dots \partial x_n^{m_n}}$ с гладкими коэффициентами $a(x_1, \dots, x_n)$; L^* — оператор, сопряжённый по Лагранжу с оператором L . Оператор L^* получается формальным интегрированием по частям в формуле (†): каждому слагаемому в $Lu(x)$ вида $a(x) \frac{\partial^m}{\partial x_1^{m_1} \dots \partial x_n^{m_n}} u(x)$ соответствует в $L^*\varphi(x)$ слагаемое $(-1)^m \frac{\partial^m}{\partial x_1^{m_1} \dots \partial x_n^{m_n}} a(x) \varphi(x)$.

Всякое обычное, или «классическое» решение, т.е. гладкая функция $u(x)$, удовлетворяющая уравнению $Lu(x)$ в каждой точке области B , удовлетворяет и соотношению (†); в то же время, не всякое слабое решение является обычным решением. Например, уравнение $xu'(x) = 0$ на промежутке $(-1, 1)$ имеет, кроме обычных решений $u = C$, также слабые решения $u = C\theta(x)$, где C — константа, $\theta(x)$ — разрывная *функция Хевисайда*. См. также *обобщённая функция*.

сла́бый экстре́мум / weak extremum // schwaches Extremum: в *вариационном исчислении*: множество *гладких* функций $\phi(x)$, удовлетворяющих неравенству $|\phi(x) - y(x)| < \epsilon$ (или неравенству $|\phi(x) - y(x)| + |\phi'(x) - y'(x)| < \epsilon$), называется сильной (соответственно, слабой) ϵ -окрестностью функции $y(x)$. Слабая окрестность уже сильной окрестности в том смысле, что всякая функция из слабой ϵ -окрестности функции принадлежит и сильной ϵ -окрестности (обратное, вообще говоря, неверно). В этом смысле, функции из сильной окрестности могут отличаться от $y(x)$ сильнее, чем функции из слабой окрестности — отсюда и название «сильная окрестность».

Если значение функционала J на функции $y(x)$ экстремально по сравнению со всеми функциями $\phi(x)$, находящимися в некоторой сильной (или слабой) окрестности функции $y(x)$, то говорят, что на функции $y(x)$ функционал J имеет сильный (соответственно, слабый) экстремум. Всякий сильный экстремум является и слабым, но не наоборот. Например, функционал $J[y] = \int_0^1 y'^3 dx$ имеет на функции $y = x$ слабый минимум, который не является сильным минимумом.

слага́емое / addend, summand // Summand m : в математике — один из объектов a или b при *сложении*: $a + b$.

сле́ва / from the left // von links: в математике: функция $f(x)$ называется непрерывной слева в точке a , если $f(a) = \lim_{x \rightarrow a-0} f(x)$.

след ма́трицы, шпур матрицы / trace of a matrix // Spur einer Matrix: сумма *диагональных элементов* квадратной *матрицы*: $\text{Tr } A = a_{11} + a_{22} + \dots + a_{nn}$. След матрицы обозначают также $\text{tr } A$ или $\text{Sp } A$.

след части́цы / trace of a particle, track // Spur eines Teilchens: в физике — траектория движения заряженной частицы, зафиксированная каким-либо трековым детектором: ядерной фотоэмульсией, где пролетевшая

частица вызвала ионизацию и образование центров скрытого изображения, превращающихся после проявления в цепочки зёрен металлического серебра; камерой Вильсона, где на ионах — центрах конденсации пересыщенного пара — образуются капельки жидкости, делая видимой траекторию частицы; пузырьковой камерой с перегретой жидкостью, где вдоль следа пролетевшей частицы образуются пузырьки пара; искровой камерой; телескопом счётчиков.

слéдовательно / therefore, hence, consequently // folglich, also, deshalb: слово, связывающее утверждение и его следствие: «мы доказали, что $A = B$ и $B = C$, следовательно, $A = C$ ».

слéдствие / corollary, consequence, implication // Konsequenz f , Folgerung f : результат, факт, событие, вызванные данным событием или фактом. «Причина и следствие» / cause and effect // Ursache und Wirkung /// «Иметь следствием» / imply // implizieren.

слéдующий / following, next // folgend, nächst: очередной; ближайший. «В следующий раз» / next time // nächstes Mal /// «Следующим образом» / in the following way // folgendermaßen.

словéсный / verbal, oral // mündlich: «функция может быть задана словесным описанием» / a function can be defined by a verbal description // eine Funktion kann durch mündliche Beschreibung definiert werden.

слóво / word // Wort n : в естественных языках — часть речи, обозначающая отдельное понятие или указывающее на связь или свойства понятий. В математической лингвистике — ряд букв некоторого алфавита, например, «ктотам» — слово в алфавите, содержащем буквы a, k, m, o, t . «Другими (или: иными) словами» / in other words // mit anderen Worten.

слóжение / addition, adding // Addition f : арифметическая операция, сопоставляющая двум объектам третий объект — сумму. Сумма чисел a и b обозначается $a + b$, при этом a и b называются слагаемыми. Сложение чисел коммутативно: $a + b = b + a$, и ассоциативно: $a + (b + c) = (a + b) + c$. Операция, обратная сложению, называется вычитанием. Операция сложения вводится также в множествах *векторов*, *матриц* и *операторов*.

слóжная фúнкция, функция от функции / composite function, function of a function // mittelbare [oder: verkettete] Funktion, Funktion einer Funktion: в математике: если $y = f(x)$ и $z = g(y)$, то зависимость $z(x) = g(f(x))$ называется сложной функцией (или композицией, или суперпозицией, функций f и g). Например, $\sin(e^x)$ — сложная функция аргумента x .

слóжные процéнты / compound interest // Zinseszinsen pl : прирост капитала, накапливающийся в банке за несколько лет, если ежегодный *процент* прироста вклада постоянен. Пример: пусть годовой процент прироста равен 3%, тогда через 1 год первоначальная сумма S_0 (рублей) превратится в сумму $S_1 = S_0 \cdot 1,03$. Ещё через год сумма составит

$S_2 = S_1 \cdot 1,03 = S_0 \cdot (1,03)^2$, и т.д. Очевидно, числа $S_0, S_1, S_2, \dots$ образуют *геометрическую прогрессию* со знаменателем $q = 1,03$. Через n лет сумма вклада будет равна $S_n = S_0 \cdot (1,03)^n = S_0 \cdot (1 + 0,03n + (0,03)^2 n(n-1)/2 + \dots + (0,03)^n) \approx S_0 \cdot (1 + 0,03n + 0,00045n(n-1))$, при этом сложные проценты составят $S_n - S$ (рублей).

сложный 1) complicated, complex // kompliziert: трудный, например: «сложная проблема» / a complicated problem // ein kompliziertes Problem; 2) composite, compound // zusammengesetzt: составленный из частей.

слоистый / layered, stratified, laminated // aus Schichten (bestehend), Schicht=, stratifiziert: состоящий из слоёв. «Слоистая среда» / stratified medium // stratifiziertes Medium: в физике — вещество, обладающее слоистой структурой, например, осадочные породы на дне морей.

слой / layer // Schicht f : в геометрии и физике — часть пространства, ограниченная двумя параллельными плоскостями (или двумя поверхностями). См. также *шаровой слой*.

случай 1) case // Fall m : один из возможных вариантов: «будут рассмотрены все возможные случаи поведения функции вблизи особой точки»; 2) event, incident // Vorfall m : происшествие, событие, инцидент; 3) occasion, chance // Gelegenheit f , Möglichkeit f : (благоприятная) возможность, шанс: «такие случаи нельзя упускать» /// «В случае, когда» / in case (were) // wenn; falls /// «Во всяком случае» / at all events // jedenfalls /// «В противоположном случае» / otherwise // anderenfalls, sonst /// «В этом случае» / in this case // in diesem Fall /// «Несчастный случай» / accident // Unfall m /// «Частный случай» / particular case // Einzelfall m .

случайная величина / variate, random variable // zufällige Variable: в *теории вероятностей* — величина, принимающая те или иные свои возможные значения случайным образом. Например, число очков, выпадающих при бросании игральной кости, — случайная величина, принимающая значения 1, 2, 3, 4, 5, 6 с вероятностями $1/6$ каждое. Всякая случайная величина X характеризуется своей функцией распределения $F(x) = P(X < x)$, $-\infty < x < +\infty$, где запись $P(X < x)$ означает вероятность того, что значение величины X меньше числа x .

Свойства функции распределения:

1) $F(-\infty) = 0$, $F(+\infty) = 1$, $0 \leq F(x) \leq 1$; 2) $F(x)$ — монотонно возрастающая функция: $F(x_1) \leq F(x_2)$ если $x_1 < x_2$; 3) $F(x)$ — непрерывная слева функция: $F(x-0) = F(x)$ при $x \in (-\infty, +\infty)$; 4) $P(a \leq X < b) = F(b) - F(a)$.

Дискретная случайная величина X принимает каждое из своих возможных значений $x_1, x_2, \dots$ с определённой вероятностью $p_1, p_2, \dots$, причём $p_1 + p_2 + \dots = 1$. Функция распределения в этом случае — *кусочно-постоянная*

функция, равная $F(x) = \sum_{x_k < x} p_k$. Скачки $F(x)$ в точках x_k равны соответственно p_k .

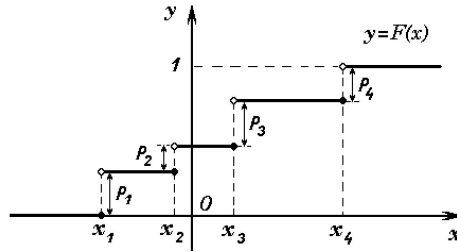


Рис. 162: Дискретная случайная величина

Непрерывная случайная величина может принимать любые значения из некоторого интервала, причём вероятность того, что значение X окажется в пределах субинтервала $[a, b]$, может быть записана в виде $P(a \leq x < b) = \int_a^b f(x) dx$, при этом функция $f(x)$ называется плотностью распределения случайной величины X . Функция распределения в этом случае непрерывна и равна $F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$.

Примечание: В физике обычно термином «функция распределения» обозначают плотность распределения случайной величины, т.е. функцию $f(x)$.

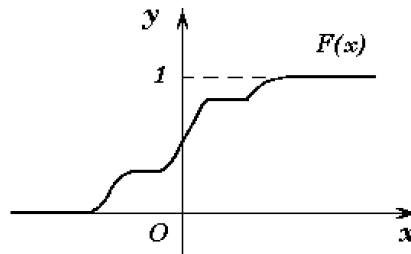


Рис. 163: Непрерывная случайная величина

Векторная случайная величина $\vec{X}$ — это совокупность скалярных случайных величин $X_1, \dots, X_n$. См. *ковариация* и *ковариационная матрица*.

случайная ф́ункция / random function // Zufallsfunktion f , stochastische Funktion: в *теории вероятностей*: числовая функция $X(t)$, $t \in T$, такая, что её значения являются *случайными величинами*, имеющими определённое распределение вероятностей. Если множество T значений аргумента t конечно, $T = \{t_1, \dots, t_n\}$, то случайная функция представляет собой набор случайных величин $X_1, \dots, X_n$, или векторную случайную

величину. Если T — интервал или счётное множество чисел, то случайная функция $X(t)$ называется случайным процессом.

случайное событие / random event // zufälliges Ereignis: в *теории вероятностей* — событие, которое может произойти или не произойти при данных обстоятельствах, см. также *элементарное событие*. Например, при бросании *игральной кости* — каждый возможный исход, т.е. выпадение 1, 2, 3, 4, 5 или 6 очков, является случайным элементарным событием. Пусть Ω — конечное *множество* элементарных событий, тогда всякое подмножество множества Ω называется случайным событием, или, для краткости, событием. Каждое случайное событие A имеет определённую *вероятность* $P(A)$; в данном примере вероятность равна $1/6$ для каждого из шести возможных исходов опыта. Если множество элементарных событий Ω бесконечно, то класс случайных событий состоит из таких подмножеств множества Ω , что этот класс образует *сигма-алгебру*. Это ограничение на произвол в выборе подмножеств из Ω носит лишь математический характер и во всех практически важных приложениях выполняется автоматически.

В множестве событий вводятся операции: сложение, произведение и дополнение, аналогичные соответственно объединению, пересечению и дополнению множеств. Сумма $A + B$ событий A и B — событие, которое состоит в том, что происходит хотя бы одно из двух событий A или B . Произведение AB событий A и B — событие, которое состоит в том, что происходят оба события A и B . Каждому событию A соответствует его дополнение, или противоположное событие $\bar{A}$: если A не произошло, то произошло $\bar{A}$, и наоборот. Другими словами, появление события $\bar{A}$ означает непоявление события A . Очевидно, $\bar{\bar{A}} = A$. В примере с бросанием кости: пусть A — выпадение «6», тогда $\bar{A}$ — выпадение любого числа очков от 1 до 5. Имеет место равенство: $P(A) + P(\bar{A}) = 1$.

случайный процесс, стохастический процесс / stochastic process // stochastischer Prozess: процесс, течение которого зависит от случая и для которого определена вероятность того или иного его течения. Примеры случайных процессов: *броуновское движение*; протекание тока в электрической цепи, сопровождающееся случайными флуктуациями силы тока и напряжения (шумами); распространение радиоволн при наличии случайных замираний радиосигналов (федингов); турбулентные течения жидкостей и газов. Математические модели случайных процессов изучает *теория вероятностей*.

слышимый / audible // hörbar: воспринимаемый слухом.

смачивание / wetting // Netzen n , Benetzen n , Benetzung f : явление, возникающее при соприкосновении жидкости с поверхностью твёрдого тела или другой жидкости. Смачивание выражается, в частности, в растекании жидкости по твёрдой поверхности, оно вызывает образование *мениска* в

капиллярной трубке (*капилляре*), определяет форму капли на твёрдой поверхности или газового пузырька на погружённом в жидкость теле. Мерой смачивания служит краевой угол (*угол смачивания*) между смачиваемой поверхностью и касательной к поверхности жидкости на границе смачивания. Когда угол смачивания меньше 90° , жидкость растекается на поверхности; когда этот угол больше 90° , растекания не происходит. Краевой угол зависит от соотношения сил сцепления молекул жидкости с молекулами или атомами смачиваемого тела (адгезия) и сил сцепления молекул жидкости между собой (когезия). На характер смачивания сильное влияние оказывают поверхностно-активные вещества, которые могут как улучшать, так и ухудшать смачивание.

смáчивать / moisten, wet, water // netzen, anfeuchten: наносить жидкость на какую-либо поверхность. В физике: «жидкость смачивает тело» означает, что жидкость растекается по поверхности тела. См. также *мениск*.

смéжный / adjacent, contiguous // Neben=, benachbart, adjazent: соседний, примыкающий. «Смежный угол» / adjacent angle // Nebenwinkel *m*.

смéжный класс / coset, residue class // Restklasse *f*, Nebenklasse *f*, Nebenschar *f*: см. *подгруппа*.

сменять / change, replace // wechseln, ersetzen: заменять: «мой компьютер устарел, его пора сменить» / my computer became obsolete, it is time to replace it // mein Computer ist veraltet; es ist die Zeit, ihn zu wechseln.

смёртность / mortality, death rate // Sterblichkeit *f*: в статистике — частота случаев смерти в данной совокупности людей. Смертность измеряется числом умерших в течение года на 1000 человек.

смерч / tornado, waterspout // Windhose *f*, Wasserhose *f*, Sandhose *f*: атмосферное явление, вихрь большой мощности и размеров.

смéшанная зада́ча / mixed problem // Anfangs-Randwertproblem *n*, gemischtes Problem: в математике — задача с начальными и граничными условиями для *дифференциального уравнения в частных производных*. Смешанные задачи ставят для *гиперболических уравнений* и *параболических уравнений*. Например, для *уравнения колебаний струны* $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ смешанную задачу на интервале $x \in (a, b)$ можно поставить следующим образом: найти при $t > 0$, $x \in (a, b)$ функцию $u(x, t)$, удовлетворяющую уравнению, начальным условиям $u|_{t=+0} = f(x)$, $\frac{\partial u}{\partial t}|_{t=+0} = g(t)$ и граничным условиям $u|_{x=a+0} = A(t)$, $u|_{x=b-0} = B(t)$.

смéшанное произведéние / parallelepiped product, mixed product, triple scalar product // Spatprodukt *n*, skalares Dreierprodukt, gemischtes Produkt: векторно-скалярное произведение трёх векторов: $\vec{a} \cdot \vec{b} \times \vec{c}$ (см. *векторное произведение* и *скалярное произведение*). Поскольку $\vec{a} \cdot \vec{b} \times \vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} \cdot \vec{c}$, то смешанное произведение обозначают обычно просто

$\vec{a}\vec{b}\vec{c}$. Смешанное произведение линейно по каждому из трёх векторных сомножителей; при перестановке любых двух из трёх векторов произведение меняет знак; при *циклической перестановке* всех трёх векторов произведение не меняется. Геометрический смысл смешанного произведения: оно равно объёму параллелепипеда, построенного на векторах $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$, если они образуют *правую тройку*, и равно этому объёму со знаком минус, если эта тройка левая. Смешанное произведение равно нулю в том и только том случае, когда перемножаемые векторы компланарны. Если $Oxyz$ — система прямоугольных *декартовых координат*, то смешанное произведение $\vec{a}\vec{b}\vec{c}$ выражается через координаты векторов в виде *определителя*:

$$\vec{a}\vec{b}\vec{c} = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \\ c_x & c_y & c_z \end{vmatrix}.$$

смéшанный вторóй момéнт: см. *ковариация*.

смещéние / displacement, shift, parallax, bias // Schub *m*, Ruck *m*, Rutsch *m*, Verschiebung *f*: сдвиг, перемещение с исходного (стандартного) места на новое; толчок. В теории *волн*: смещение (displacement // Verschiebung) частиц среды — отклонение их от положения покоя. «Красное смещение спектральных линий» / red shift of spectral lines // Rotverschiebung der Spektrallinien: наблюдаемое у удалённых *галактик* и *квазаров* смещение (в сторону бóльших длин волн) линий *спектров* излучаемого света по сравнению с источниками на Земле. Явление объясняется *эффе́ктом Допплера*: *расширение Вселенной* означает взаимное удаление галактик друг от друга.

смысл / sense, meaning // Sinn *m*, Bedeutung *f*: «сходимость рядов понимается здесь в обобщённом смысле» / the convergence of series is understood here in a generalized sense // die Konvergenz der Reihen wird hier in einem verallgemeinerten Sinn verstanden.

снаря́жение / equipment, outfit // Ausrüstung *f*: оборудование, оснащение, обеспечение.

со́бственная фу́нкция / eigenfunction // Eigenfunktion *f*: см. *собственное значение оператора*.

со́бственная частотá / eigenfrequency, natural frequency // Eigenfrequenz *f*: частота *собственных колебаний* осциллятора; в системе с несколькими *степенями свободы* собственные частоты — частоты *нормальных колебаний* (мод).

со́бственная эне́ргия / self-energy, proper energy // Eigenenergie *f*: собственная энергия тела (частицы) — энергия, измеренная в собственной системе отсчета (в той, где тело покоится); то же, что *энергия покоя*.

со́бственное вре́мя / proper time // Eigenzeit *f*: в теории относительности:

собственное время для некоторого тела — время, измеряемое часами, движущимися вместе с телом. Промежуток времени между двумя произвольными событиями называется собственным временем τ_0 , если он измерен часами, покоящимися в той системе отсчета, где оба события произошли в одной и той же пространственной точке. Понятие собственного времени применимо только тогда, когда такая система отсчета существует, т.е. для пар событий, разделённых *временеподобным интервалом*. Промежуток времени τ между событиями, измеренный в какой-либо другой системе отсчета, всегда больше, чем собственное время: $\tau > \tau_0$; если система отсчета движется со скоростью v относительно той, в которой события произошли в одной точке, то $\tau = \tau_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$.

собственное значение матрицы / eigenvalue of a matrix // Eigenwert einer Matrix: число λ называется собственным значением (или собственным числом, или характеристическим числом) $n \times n$ матрицы A , если существует вектор-столбец $\vec{x} \neq \vec{0}$, удовлетворяющий равенству $A\vec{x} = \lambda\vec{x}$. Вектор-столбец $\vec{x}$ называется собственным вектором матрицы, отвечающим (или соответствующим) собственному значению λ . В развернутой форме равенство $A\vec{x} = \lambda\vec{x}$ имеет вид однородной системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} (a_{11} - \lambda)x_1 + \dots + a_{1n}x_n = 0 \\ a_{21}x_1 + (a_{22} - \lambda)x_2 + \dots + a_{2n}x_n = 0 \\ \dots \\ a_{n1}x_1 + \dots + (a_{nn} - \lambda)x_n = 0 \end{cases}$$

Таким образом, число λ является собственным значением матрицы A , если существует *нетривиальное решение* $x_1, x_2, \dots, x_n$ этой системы. См. также *кратность*.

собственное значение оператора / eigenvalue of an operator // Eigenwert eines Operators: число λ называется собственным значением (или собственным числом) линейного оператора A в банаховом пространстве (в частности, в гильбертовом пространстве) X , если существует ненулевой элемент этого пространства x такой, что выполняется равенство $Ax = \lambda x$. Элемент x в этом случае называется собственным элементом (или собственным вектором) оператора, соответствующим, или отвечающим, собственному значению λ . В случае оператора, действующего в пространстве функций (например, в гильбертовом пространстве L_2), собственные элементы называют обычно собственными функциями. Количество *линейно независимых* собственных элементов, отвечающих собственному значению λ , называется кратностью этого собственного значения. См. также *задача Штурма–Лиувилля*.

собственное число матрицы: то же, что *собственное значение матрицы*.

собственное подпространство / characteristic subspace, eigenraum // Eigenraum *m*: пусть λ — собственное значение оператора A в банаховом пространстве (в частности, в гильбертовом пространстве) X . Множество элементов пространства X , удовлетворяющих уравнению $Ax = \lambda x$, образует подпространство M_λ в X , называемое собственным подпространством оператора A , соответствующим собственному значению λ . Размерность $\dim M_\lambda$ называется кратностью собственного значения λ .

собственные колебания, свободные колебания / natural oscillations, free oscillations // freie Schwingungen *pl*: колебания, происходящие в механических, электрических или каких-либо других системах при отсутствии внешней вынуждающей силы за счет первоначально запасённой энергии. Такие колебания в системе связанных осцилляторов называются *нормальными колебаниями* или *модами*, когда (в отсутствие диссипации энергии) все осцилляторы совершают колебания с одной и той же *собственной частотой* и с определённым (для каждой моды) соотношением амплитуд и фаз. Число нормальных колебаний равно числу *степеней свободы* системы. Произвольное собственное колебание в линейной системе всегда можно представить как суперпозицию нормальных колебаний. В реальных системах вследствие рассеяния энергии собственные колебания неизбежно затухают.

собственный вектор / eigenvector // Eigenvektor *m*: см. *собственное значение матрицы*.

событие / event // Ereignis *n*: происшествие. В *теории вероятностей* рассматривают *случайные события*. «Наступление события» / occurrence of an event // Eintritt des Ereignisses.

совершенное число / perfect number // vollkommene Zahl: *натуральное число*, совпадающее с суммой всех своих натуральных делителей, отличных от самого этого числа. Примеры совершенных чисел: $6 = 1 + 2 + 3$, $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$. По мере того как натуральные числа возрастают, совершенные числа встречаются всё реже: 496, 8128, 33 550 336,...

совершенное канторово множество: см. *канторово множество*.

совместимый / compatible, consistent // vereinbar, kompatibel: высказывание «утверждения A и B совместимы» означает, что они не противоречат друг другу, например, «треугольник ABC равносторонний» и «угол A треугольника ABC равен 60° ». Высказывание «этот прибор несовместим с Вашим компьютером» означает утверждение, что данный прибор не может работать вместе с данным компьютером.

В *теории вероятностей*: события A и B называются совместимыми, или совместными, если они могут произойти одновременно, например, при бросании *игральной кости* выпадение чётного числа очков (событие A), и при этом выпадение числа очков меньше 5 (событие B).

совместное распределение / joint distribution // gemeinsame Verteilung:

в теории вероятностей: пусть X и Y — случайные величины; удобно говорить о векторной случайной величине (с.в.) $\vec{X} = (X, Y)$. Функция распределения $F(x, y)$ векторной с.в. $\vec{X}$, или функция совместного распределения с.в. X и Y , определяется как вероятность того, что 1-я с.в. примет значение меньше x , а 2-я — меньше y : $F(x, y) = P(X < x, Y < y)$. Вероятность того, что значение векторной с.в. (X, Y) попадёт в прямоугольник B : $x \in [a, b]$, $y \in [c, d]$, выражается формулой $P(\vec{X} \in B) = F(b, d) - F(a, d) - F(b, c) + F(a, c)$. Понятие совместного распределения обобщается на случай нескольких случайных величин.

совокупность / totality, union, set, population, collection // Gesamtheit f , Menge f : множество, объединение, собрание. «Совокупность подмножеств» / power set, set of all subsets // Potenzmenge f /// «Генеральная совокупность» [в статистике] / parent population, population // Grundgesamtheit f , Population f .

совпадать / coincide // übereinstimmen, zusammenfallen: происходить одновременно; быть равными, одинаковыми.

совпадение 1) coincidence // Übereinstimmung f : одинаковость, равенство; в геометрии — равенство фигур, *конгруэнция* (congruence // Kongruenz f); 2) coincidence // Zusammenfallen n : одновременность двух или нескольких событий.

согласие / agreement, consent, accordance // Eintracht f , Einwilligung f , Zustimmung f : «наблюдалось хорошее согласие теории с экспериментом» / a good agreement of the theory and the experiment was observed // eine gute Zustimmung zwischen der Theorie und dem Experiment wurde beobachtet.

соглашение / stipulation, agreement, contract, convention // Vereinbarung f , Abmachung f , Vertrag m : совместное решение, договор. «Оплата — по взаимному соглашению» / payment by mutual agreement // Bezahlung nach beiderseitigem Einverständnis.

содержаться / be contained // enthalten sein: «в одном моле всякого вещества содержится $6,022\,1367 \cdot 10^{23}$ молекул» / $6,022\,1367 \cdot 10^{23}$ molecules are contained in a mole of arbitrary substance // 1 Mol von beliebigem Stoff enthält $6,022\,1367 \cdot 10^{23}$ Moleküle.

соизмеримый / commensurate, commensurable // kommensurabel: в математике: два отрезка называются соизмеримыми, если отношение их длин есть *рациональное число*. Другими словами: если отрезки a и b соизмеримы, то существует такой отрезок c («единица измерения»), что он целое число раз укладывается как на отрезке a , так и на b . Пример: если *катеты* прямоугольного треугольника равны 3 и 4, то *гипотенуза* (равная 5) соизмерима с катетами, а если катеты равны 2 и

3, то несоизмерима, так как её длина — *иррациональное число* $\sqrt{13}$.

сократимая дробь / cancellable fraction // kürzbare Bruchzahl: *дробь*, у которой в разложении числителя и знаменателя на множители имеется хотя бы один общий множитель. Например, дроби $\frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5}{3 \cdot 3 \cdot 7}$ и $\frac{a^2 b}{ab^3}$ сократимы, а дробь $\frac{2 \cdot 5 \cdot 13}{3 \cdot 7 \cdot 11}$ несократима. Сократимую дробь можно сократить: $\frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5}{3 \cdot 3 \cdot 7} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 7}$.

сокращать 1) shorten, reduce // reduzieren, kürzen, verkürzen: уменьшать, укорачивать, например: «он сократил свой доклад вплоть до самых существенных пунктов»; 2) cancel // kürzen: сокращать дробь, т.е. делить числитель и знаменатель на один и тот же множитель (см. *сократимая дробь*).

сокращение 1) reduction // Reduktion f , Kürzung f : уменьшение, укорочение; 2) cancellation // Kürzung f : сокращение дроби (см. *сократимая дробь*); 3) abbreviation // Abkürzung f : укорочение слов, применяемое для экономии места, например, РФ означает Российская Федерация, км — километр, т.е. — то есть, кв. — квартира.

сокращение длины / shrinkage of length // Lorentz-Kontraktion f : в *теории относительности*, в отличие от *классической механики*, результаты измерений промежутков времени и пространственных расстояний зависят от системы отсчета, в которой производятся измерения. В частности, если длина некоторого стержня, измеренная в собственной системе отсчета (т.е. в системе отсчета, в которой стержень покоится) равна l_0 (собственная длина), то в любой другой системе отсчета, относительно которой стержень движется в направлении своей длины с некоторой скоростью v , его длина будет меньше: $l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Этот эффект называют лоренцевым сокращением, или сокращением Лоренца – Фитцджеральда. Он не связан с какими-либо внутренними напряжениями в стержне, а представляет собой чисто кинематический релятивистский эффект, отражающий фундаментальные свойства пространства-времени. В предельном случае медленных относительных движений (когда $v \ll c$), релятивистская формула даёт $l \approx l_0$, что соответствует представлениям классической физики об абсолютном характере пространственных расстояний.

сокращённое обозначение / contracted [or: abridged] notation // Kurzbezeichnung f , abgekürzte Bezeichnung: краткое обозначение, например, *последовательность* $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \dots$ сокращённо обозначают в виде $\{x_n\}_1^\infty$.

соленоид / solenoid // Solenoid n : в физике и технике — проволочная катушка, обычно в виде изолированного проводника, намотанного на цилиндрическую трубку из диэлектрика. При пропускании через соленоид электрического тока возникает *магнитное поле*, которое внутри соленоида, длина которого значительно больше его диаметра, направлено вдоль его

оси и приблизительно однородно. Магнитная индукция пропорциональна силе тока I и числу витков на единицу длины катушки: $B = nI$ (в системе СИ), где $n = \frac{N}{l}$ — отношение числа витков к длине соленоида.

соленоидальное поле / solenoidal field // solenoidales Feld, quellenfreies Feld: в математике и физике: векторное поле $\vec{B}$ называется соленоидальным, если его *дивергенция* равна нулю во всех точках: $\operatorname{div} \vec{B} \equiv 0$. Это означает, что в данной области пространства нет источников и стоков поля. Соленоидальное поле (например, магнитное поле) всегда можно представить в виде $\vec{B} = \operatorname{rot} \vec{A}$, где вектор $\vec{A}$ называется векторным потенциалом поля.

солитон / soliton // Soliton n : в физике — структурно устойчивая, т.е. распространяющаяся без искажения формы, уединённая волна в нелинейной диспергирующей среде. В некоторых отношениях солитоны ведут себя подобно частицам: при взаимодействии между собой или с другими возмущениями солитоны не разрушаются, а расходятся вновь, сохраняя свою структуру неизменной. Сохранение формы солитона обеспечивается балансом между действием нелинейности среды (тенденцией к увеличению крутизны фронта волны) и дисперсии (тенденции к расплыванию волнового пакета), см. *дисперсия* (1). Математическая модель солитона — одно из решений нелинейного дифференциального уравнения *Кортевега–де-Фриса*. Один из видов солитона — волна *цунами*.

солнечная корона / solar corona // Korona f : самые верхние слои атмосферы Солнца, наблюдаемые с Земли во время полных солнечных затмений как сияние, окружающее закрытый Луной солнечный диск.

солнечная система / solar system // Sonnensystem n : система, состоящая из звезды — *Солнца* и обращающихся вокруг Солнца девяти больших планет (*Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон*) с их спутниками, множества малых планет (*астероидов*), комет и метеорных тел.

солнечный свет / sunlight, sunshine // Sonnenschein m : испускаемый Солнцем свет.

Солнце / Sun // Sonne f : *звезда*, центральное тело *солнечной системы*, раскалённый плазменный шар. По характеру спектрального излучения относится к классу «желтый карлик». Масса около $2 \cdot 10^{30}$ кг, радиус 696 тыс. км, средняя плотность 1416 кг/м³, ускорение свободного падения 274 м/с². Период вращения изменяется от 27 суток на экваторе до 32 суток у полюсов. Температура поверхности около 6000 К, в центральной области 15 млн. К. Химический состав (по числу атомов): водород — около 90%, гелий — 10%, остальных элементов менее 0,1%. Источник энергии — термоядерные реакции превращения водорода в гелий в центральной области Солнца. Энергия из недр к поверхности переносится излучением,

а в приповерхностном слое (толщиной около 140000 км) — *конвекцией*. С конвекционным движением плазмы связано появление солнечных пятен и грануляции («зернистости» видимого солнечного диска). Интенсивность плазменных процессов имеет периодический характер (11-летний солнечный цикл). Атмосфера Солнца — хромосфера и *солнечная корона* — очень подвижна, в ней наблюдаются вспышки, протуберанцы, происходит непрерывное истечение вещества короны в космическое пространство (солнечный ветер). Земля, находящаяся на расстоянии 149 480 000 км от Солнца, получает от него $2 \cdot 10^{17}$ Вт лучистой энергии. Солнце — основной источник энергии на Земле.

сомнительный / doubtful, questionable, dubious // zweifelhaft, fragwürdig: ненадёжный, не заслуживающий доверия, неясный. «Сомнительная цифра *приблизённого числа*» — цифра в записи числа с *погрешностью*, имеющая такой же десятичный разряд, как младшая цифра погрешности. Например, «7» — сомнительная цифра числа $12, 1057 \pm 0, 0004$.

сомножитель / factor, cofactor // Faktor *m*, Multiplikator *m*: в математике — каждый из членов, входящих в произведение.

сообщающиеся сосуды / communicating vessels // kommunizierende Gefäße: сосуды, соединённые между собой в нижней части трубкой или каналом, по которому жидкость может перетекать из одного сосуда в другой. В наполненных одинаковой жидкостью открытых сверху сообщающихся сосудах жидкость под действием сил тяжести устанавливается на одном уровне независимо от формы сосудов. На этом свойстве основано устройство жидкостных манометров, водомерных стёкол котлов и т.п.

сообщение 1) information, report, communication, message // Information *f*, Bescheid *m*, Bericht *m*, Nachricht *f*: информация, сведения, доклад, рапорт, послание; 2) communication // Verkehr *m*: транспортная связь, например, «воздушное сообщение» / air communication, air route // Luftverkehr *m*.

соответственно / respectively, corresponding (to), correspondingly // entsprechend, beziehungsweise [сокр: bzw.]: слово, употребляемое в математических текстах для описания сразу двух случаев. Например: «если $x > 2$ ($0 < x < 2$), то $x^2 > 4$ (соответственно, $x^2 < 4$)» / if $x > 2$ ($0 < x < 2$) then $x^2 > 4$ (respectively, $x^2 < 4$) // wenn $x > 2$ ($0 < x < 2$), dann $x^2 > 4$ (bzw. $x^2 < 4$).

соответствие / correspondence, relation, accordance, agreement; mapping // Entsprechen *n*, Übereinstimmung *f*: в математике — сопоставление, *отображение* (например, соответствие элементов одного *множества* элементам другого множества). «В соответствии со сказанным» / according to what has been said // dem Ausgesagten entsprechend.

соотношение / relation, correlation, formula // Relation *f*, Korrela-

tion f , Formel f , Verhältnis n : в математике — формула или правило, связывающее две или большее число переменных.

соотношение неопределённостей / uncertainty relation // Unschärferelation f : см. *принцип неопределённостей*.

соплó / nozzle // Düse f : специально спроектированный закрытый канал, предназначенный для разгона жидкостей или газов до заданной скорости и придания потоку заданного направления. В сопле благодаря уменьшению площади поперечного сечения происходит непрерывное увеличение скорости жидкости или газа в направлении течения под действием некоторого перепада давления между входным и выходным сечениями. При разгоне до сверхзвуковых скоростей падение плотности газа происходит быстрее, чем рост скорости, из-за чего в сверхзвуковой части сопла площадь сечения должна увеличиваться. Поэтому сверхзвуковое сопло (сопло Лаваля) имеет вначале сужающуюся, а затем расширяющуюся форму. Сопла широко используются в технике (в паровых и газовых турбинах, в ракетных и воздушно-реактивных двигателях, в аэродинамических трубах, в газодинамических лазерах и т.п.).

соприкасáться / touch, be in contact, osculate // sich berühren: в математике: пусть на плоскости Oxy кривые $y = f(x)$ и $y = g(x)$ касаются друг друга в точке $P(x_0, y_0)$; говорят, что эти кривые имеют в точке P касание порядка n , если при $x \rightarrow x_0$ разность $f(x) - g(x)$ есть бесконечно малая относительно $(x - x_0)$ порядка $n + 1$, т.е. $f(x) - g(x) = O((x - x_0)^{n+1})$ (см. *порядковые символы*). Например, ось абсцисс и окружность $x^2 + (y - 1)^2 = 1$ имеют в точке $(0, 0)$ касание порядка 1. Пусть теперь каждая кривая семейства $y = f(x, C)$ имеет с кривой $l : y = g(x)$ в точке P касание порядка n , а одна из кривых этого семейства, $\lambda_0 : y = f(x, C_0)$, имеет касание порядка выше n , тогда говорят, что кривые λ_0 и l соприкасаются в точке P . Например, парабола $y = x^2/2$, принадлежащая семейству парабол $y = Cx^2$, соприкасается с кривой $y = 1 - \cos x$ в точке $(0, 0)$.

соприкасáющаяся плóскость / osculating plane, contiguous plane // berührende Ebene: см. *сопровождающий триэдр*.

сопровождáющий триэдр, сопровождающий трёхгранник / moving trihedral // begleitendes Dreibein: тройка попарно перпендикулярных векторов $\vec{t}$, $\vec{n}$, $\vec{b}$, связанная с пространственной кривой.

а) Пусть кривая задана уравнением $\vec{r} = \vec{r}(\tau)$, где $\vec{r}$ — радиус-вектор точки кривой, τ — параметр, $\alpha < \tau < \beta$. Вектор $\vec{t} = \vec{r}'(\tau) = \frac{d\vec{r}}{d\tau}$ направлен по касательной к кривой; он называется касательным вектором. Если в качестве параметра τ взять длину дуги кривой s (отсчитывая её от какой-нибудь фиксированной точки кривой), то длина касательного вектора

равна единице: $|\vec{t}| = 1$, где $\vec{t} = \vec{r}'(s)$. Уравнение прямой, касательной к данной кривой в точке $\vec{r}_0 = \vec{r}(s_0)$: $\vec{r} = \vec{r}_0 + \mu \vec{r}'(s_0)$, где μ — параметр касательной прямой, $-\infty < \mu < +\infty$.

б) Будем считать, что в окрестности данной точки A_0 , радиус-вектор которой $\vec{r}_0$, кривая не совпадает с прямой линией. Возьмем на кривой две близкие к A_0 точки A_1 и A_2 , проведем через три точки A_0 , A_1 и A_2 плоскость и будем неограниченно приближать точки A_1 и A_2 к точке A_0 . В пределе плоскость превращается в «соприкасающуюся» плоскость. Вектор $\vec{N} = \frac{d\vec{t}(s)}{ds} = \vec{r}''(s)$ направлен перпендикулярно к этой плоскости; его длина $K = |\vec{N}|$ называется кривизной (curvature // Krümmung f), а обратная величина $R = 1/K$ — радиусом кривизны кривой в данной точке. Единичный вектор $\vec{n} = \frac{1}{K} \vec{N}$ называется вектором главной нормали (vector of principal normal // Hauptnormalvektor m). Уравнение соприкасающейся плоскости: $(\vec{r} - \vec{r}_0) \vec{r}'(s_0) \vec{r}''(s_0) = 0$ (смешанное произведение векторов).

в) Вектор бинормали $\vec{b}$ вводится как *векторное произведение* касательного вектора и вектора главной нормали: $\vec{b} = \vec{t} \times \vec{n}$. Этот вектор перпендикулярен к касательному вектору и к вектору главной нормали. Уравнение прямой, бинормальной к кривой в точке $\vec{r}_0$: $\vec{r} = \vec{r}_0 + \mu \vec{r}'(s_0) \times \vec{r}''(s_0)$.

г) Производная $\frac{d}{ds} \vec{b}$ вектора бинормали называется вектором кручения кривой. Этот вектор направлен коллинеарно с вектором главной нормали $\vec{n}$, т.е. $\frac{d}{ds} \vec{b} = \kappa \vec{n}$; коэффициент κ называется кручением кривой, он характеризует степень отклонения кривой от плоской формы (для плоской кривой $\kappa \equiv 0$).

сопротивлѐние / resistance // Widerstand m : в механике — при движении тела в среде на него действуют со стороны окружения *сила трения* и сила лобового сопротивления движению, направленные противоположно скорости тела относительно среды. Изучением таких сил занимается *гидромеханика*. См. также *электрическое сопротивление*.

сопряжѐнное простран́ство / adjoint space, dual space // dualer Raum, adjungierter Raum: пусть X — *банахово пространство*. Множество заданных на X линейных непрерывных *функционалов* образует банахово пространство, называемое сопряжѐнным пространством к пространству X и обозначаемое X^* . Пример: пространство $L_p(0, 1)$ ($p > 1$) состоит из таких *измеримых функций* $f(x)$, что *интеграл Лебега* $\int_0^1 |f(x)|^p dx < \infty$. Сопряжѐнное пространство — пространство $L_q(0, 1)$, где $q = p/(p - 1)$. Всякий функционал $G \in L_q(0, 1)$ может быть задан формулой $G[f] = \int_0^1 g(x) f(x) dx$, где $g(x)$ — некоторая функция из пространства $L_q(0, 1)$.

сопряжѐнное числѐ / conjugate number // konjugierte Zahl: пусть $z = x + iy$ — *комплексное число*, тогда комплексное число $\bar{z} = x - iy$ называется сопряжѐнным (или комплексно сопряжѐнным) числу z .

сопряжённый оператор / conjugate operator, adjoint operator // adjungierter Operator: пусть A — *линейный оператор* с плотной областью определения $D(A)$ в *гильбертовом пространстве* H . Билинейная форма (Ax, y) оператора A , записанная в виде скалярного произведения (x, y^*) с некоторым вектором $y^* \in H$, задаёт линейный оператор A^* по формуле $A^*y = y^*$. Этот оператор называется сопряжённым оператором (по отношению) к A . Множество $y \in H$ таких, что $(Ax, y) = (x, A^*y)$, образует область определения оператора A^* . Пример: H — n -мерное *унитарное пространство* $\mathbb{C}^n$ *векторов-столбцов*, A — умножение на квадратную *матрицу* A , тогда сопряжённый оператор — умножение на *эрмитовски сопряжённую матрицу* A^* .

Оператор, *коммутирующий* со своим сопряжённым, называется *нормальным оператором*; оператор, совпадающий со своим сопряжённым, называется *самосопряжённым оператором*.

сорт 1) kind, sort, variety // Sorte f , Gattung f , Art f : вид, род, разновидность; 2) sort, quality, grade // Qualität f : степень качества.

сортировка / sorting, grading // Sortieren n : распределение объектов по сортам. В *программировании*: *сортировка массива* — упорядочение элементов массива по величине (или иному признаку).

сосёдный / neighboring, adjacent // Nachbar=, nachbarlich, benachbart: расположенный по соседству, рядом. «Соседние грани куба» / adjacent cube faces // benachbarte Flächen eines Würfels.

сосредоточенная масса, точечная масса / point mass // Punktmasse f : в физике — *материальная точка*. Математической моделью массы μ , сосредоточенной в точке (x_0, y_0, z_0) , служит *обобщённая функция* $\mu\delta(x - x_0, y - y_0, z - z_0)$. См. также *системы с сосредоточенными параметрами*.

сосредоточенная сила, точечная сила / point force // Punktkraft f : в физике — сила, приложенная к телу в пределах настолько малого участка, что его размерами можно пренебречь.

соста́в 1) composition, structure // Zusammensetzung f : набор веществ, образующих смесь; 2) staff // Personalbestand m : персонал, личный состав. «В состав комиссии вошли два делегата от нашего университета» / two delegates from our university entered the commission // zwei Delegierten von unserer Universität sind in die Kommission eingetreten.

составле́ние / composition, compilation // Komposition f , Kompilation f , Zusammensetzen n , Zusammenstellung f : создание плана, программы, текста, проекта, меню.

составляющая / component // Komponente f : в математике и физике — один из *векторов* суммы, в которую разложен заданный вектор: если $\vec{x} = \sum_{k=1}^n \vec{x}_k$, то каждый из векторов $\vec{x}_k$ является составляющей вектора $\vec{x}$. Если разложение в сумму записано в виде $\vec{x} = \sum_{k=1}^n \xi_k \vec{e}_k$, где $\vec{e}_k$ — *орт*

оси l_k , то $\xi_k \vec{e}_k$ называют составляющей вектора $\vec{x}$ вдоль оси l_k .

составная часть / component, ingredient // Bestandteil m : одна из частей, из которых состоит целое.

составное число / composite number // zusammengesetzte Zahl, Nichtprimzahl f : целое положительное число, не являющееся *простым числом*. Всякое составное число равно произведению двух или более простых чисел.

состояние 1) condition // Zustand m : совокупность качеств и соотношение составных частей данного объекта в рассматриваемый момент, кондиция. «Теперь мы в состоянии доказать неравенство» / now we are able to prove the inequality // wir sind jetzt imstande, die Ungleichung zu beweisen; 2) quantum state // Quantenzustand m : *квантовое состояние* атомной системы, атомного ядра, кристалла и т.п.; 3) equilibrium state // Gleichgewichtszustand m : состояние *равновесия* механической или термодинамической системы, термодинамическое состояние макроскопической системы; 4) aggregate state // Aggregatzustand m : *агрегатное состояние*.

состоятельная оценка / consistent estimator // konsistente Schätzung: в *математической статистике*: сокращённый вариант термина «состоятельная последовательность оценок». Пусть X — *случайная величина*, распределение вероятностей которой подчиняется некоторому закону, зависящему от параметра γ . *Статистическая оценка* $\tilde{\gamma}_n$ параметра γ называется состоятельной, если последовательность $\tilde{\gamma}_n$ сходится к γ по вероятности: для любого $\epsilon > 0$, $P(|\tilde{\gamma}_n - \gamma| < \epsilon) \rightarrow 1$ при $n \rightarrow \infty$.

состоять 1) состоять в чём-то / be (to) // sein (zu): «Цель нашего исследования состоит в том, чтобы найти приближённое решение уравнения» / the aim of our investigation is to find an approximate solution of the equation // der Zweck unserer Forschung ist, eine approximative Lösung der Gleichung zu finden. 2) состоять из чего-то / consist (of) // bestehen (aus). «Вода состоит из водорода и кислорода» / water consists of hydrogen and oxygen // Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff.

сосуд / vessel // Gefäß n : ёмкость, объём, отделённый стенками от окружающего пространства; кровеносный сосуд.

сотрудник / collaborator, contributor // Mitarbeiter m : один из работающих в фирме, учреждении, редакции. «Товарищ по работе (коллега)» / fellow worker, colleague // Kollege m , Mitarbeiter m . «Научный сотрудник» / research officer [or: fellow, assistant] // wissenschaftlicher Mitarbeiter.

соударение / collision, impact // Kollision f , Zusammenstoß m : в физике — кратковременное взаимодействие (*столкновение, удар, толчок*).

софокусный / confocal // konfokal: в геометрии: софокусные *эллипс* и *гипербола* имеют общие фокусы, например, $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$ и $\frac{x^2}{4} - \frac{y^2}{12} =$

1 (фокусы $(-4, 0)$ и $(4, 0)$). Софокусные *параболы* имеют общий фокус, например, $y^2 = 4(1+x)$ и $y^2 = 4(1-x)$ (фокус $(0, 0)$). Софокусные кривые пересекаются под прямым углом.

софо́кусные ли́нзы, конфокальные линзы / confocal lenses // konfokale Linsen: линзы, расположенные в оптической системе таким образом, что их фокусы находятся в одной точке, т.е. совпадают. Софокусный резонатор — открытый *оптический резонатор*, в котором фокусы сферических зеркал совпадают.

со́фтве́р / software // Software *f*: компьютерная программа. В широком смысле слова — то же, что *математическое обеспечение*.

сохране́ние / preservation, conservation, invariance // Erhaltung *f*, Verwahrung *f*: в физике и математике: сохранение, или инвариантность, какой-либо величины — неизменность её значений при каких-то процессах или преобразованиях. «Закон сохранения» / conservation law // Erhaltungssatz *m*: в физике — закон, выражающий неизменность какой-либо величины в определённой ситуации, например, *закон сохранения энергии* в *консервативной системе*. Полное описание физической системы возможно лишь в рамках динамических законов, которые определяют изменение *состояния* системы с течением времени. В ситуациях, когда динамические законы неизвестны или слишком сложны для непосредственного применения, законы сохранения позволяют сделать некоторые заключения о характере поведения системы.

сохра́нность / safety // Unversehrtheit *f*: неповреждённость. «Посылка пришла в сохранности» / the parcel came safely // das Paket ist unversehrt gekommen.

сохраня́ться / do not change, remain the same, be preserved // sich erhalten, sich nicht ändern: оставаться без изменения. «Физические системы, в которых сохраняется механическая энергия, называются консервативными» / physical systems in which the mechanical energy does not change, are called conservative systems // die Physikalischen Systeme, in denen die mechanische Energie sich nicht ändert, werden Konservative Systeme genannt.

сохраня́ющий ме́трику / metric-preserving, isometric // metriktreu: не изменяющий метрику. «Оператор, сохраняющий метрику [норму, углы]» / metric-preserving [norm-preserving, angle-preserving] operator // metriktreuer [normtreuer, winkeltreuer] Operator. См. также *изометрический оператор*.

сочета́ние / combination // Kombination *f*: в математике — одно из подмножеств заданного конечного *множества* (различных) элементов. «Сочетание из n элементов по m » / combination of m elements selected from n elements; combination of n things, m at a time // Kombination von n Elementen zur k -ten Klasse: подмножество, состоящее из m элементов,

выбранных из множества n элементов. Пример: футбольная команда (11 человек), составленная из членов футбольной секции (30 человек) — сочетание из 30 человек по 11 человек. Число всевозможных сочетаний из n элементов по m элементов обозначается C_n^m или $\binom{n}{m}$. Имеет место формула $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$, где «!» означает *факториал*. «Число сочетаний» / binomial coefficient // Binomialkoeffizient m . См. также *треугольник Паскаля*.

сочетательность: то же, что *ассоциативность*.

сочленение, точка сочленения / cut point // Artikulation f : узловая точка, вершина, в которой соединяются отдельные звенья многозвенной структуры. «Точка сочленения графа» / cut point [or: articulation point] of a graph // Zerlegungspunkt m [oder: Artikulationspunkt m] eines Graphen.

сою́зное интегрáльное уравне́ние / associate integral equation // assoziierte Integralgleichung: для *интегрального уравнения* Фредгольма $y(x) = f(x) + \int_a^b K(x, \xi)y(\xi) d\xi$ с *комплекснозначным* ядром $K(x, \xi)$ аналогичное интегральное уравнение с ядром $K(\xi, x)$ называется союзным уравнением. См. также *теоремы Фредгольма*.

спектр / spectrum // Spektrum n : спектр *колебаний* — совокупность *гармонических колебаний*, или *гармоник*, на которые можно разложить данное сложное колебание. Для периодических процессов этой процедуре соответствует разложение функции, описывающей колебания, в *ряд Фурье*, отдельные слагаемые которого представляют собой синусоидальные колебания с частотами, кратными частоте основной гармоник, период которой равен периоду исходного сложного колебания. Чем сильнее исходное колебание отличается от гармонического, тем его спектр богаче гармониками. В случае периодического процесса спектр называют дискретным.

Непериодические процессы можно представить в виде интеграла, т.е. суммы бесконечного числа гармонических составляющих со сколь угодно близкими частотами, см. *интеграл Фурье*. В непериодическом случае спектр называют непрерывным.

Иногда термином «спектр» обозначают лишь совокупность частот гармонических составляющих сложного колебания.

См. также *спектр матрицы* и *спектр оператора*.

спектрáльная фúнкция / spectral function // spektrale Funktion: в математике (в теории *операторов*): спектральной функцией *самосопряжённого* оператора в *гильбертовом пространстве* называется соответствующее этому оператору *разложение единицы*.

спектрáльные л́нии / spectral lines // Spektrallinien pl : линии в спектрах испускания или поглощения атома (либо другой квантовой

системы), соответствующие определённым излучательным *квантовым переходам* между уровнями энергии системы. Спектральные линии, помимо основной (центральной) частоты, которой соответствует максимум интенсивности, характеризуются некоторым интервалом частот (или длин волн) — так называемой шириной спектральной линии. Спектральные линии спонтанного излучения изолированного атома (или совокупности неподвижных и невзаимодействующих атомов) имеют малую так называемую естественную (или радиационную) ширину. Дополнительное уширение спектральных линий происходит вследствие столкновений атомов друг с другом (столкновительное уширение), вследствие хаотического *теплового движения* атомов (доплеровское уширение, см. *эффект Доплера*) и других факторов.

спектральные приборы / spectral devices // Spektralgeräte *pl*: приборы для исследования в оптическом диапазоне спектрального состава электромагнитных излучений с целью получения информации о свойствах излучателей, в частности, для определения их химического состава (спектральный анализ). Существует большое число типов спектрографов, спектрометров, спектрофотометров, монохроматоров и других спектральных приборов, различающихся по принципу действия, назначению, области применения, конструктивным особенностям и техническим характеристикам.

спектральный анализ / spectral analysis // Spektralanalyse *f*: в математике — метод исследования свойств *операторов* по *спектрам операторов*. В физике: метод исследования химического состава вещества, основанный на изучении *спектра испускания* или *спектра поглощения* вещества. Спектральный анализ позволил, в частности, определить химический состав вещества звёзд.

спектр излучения / emission spectrum // Emissionsspektrum *n*: *спектр* электромагнитного излучения, испускаемого квантовыми системами при переходах с верхних уровней энергии на нижние. Линейчатый спектр излучения состоит из отдельных линий, разделённых тёмными промежутками. Такие спектры характерны для атомов вещества в газообразном состоянии. Полосатые спектры излучения, состоящие из широких полос, характерны для молекул и кристаллов. Сплошные спектры характерны для излучения нагретых жидких и твёрдых тел. В частности, сплошной спектр имеет излучение абсолютно чёрного тела.

спектр испускания, эмиссионный спектр / emission spectrum // Emissionsspektrum *n*: распределение по частотам (или длинам волн) электромагнитного излучения, испускаемого квантовыми системами (см. *спектр*, *спектр излучения*, *спектральные приборы*).

спектр матрицы / spectrum of a matrix // Spektrum einer Matrix: множество *собственных значений матрицы*.

спектрóметр / spectrometer // Spektrometer *n*: в широком смысле —

устройство для измерения *функции распределения* некоторой физической величины по какому-либо параметру. Например, бета-спектрометр позволяет измерить функцию распределения по скоростям электронов, испускаемых при радиоактивном *бета-распаде*; *масс-спектрометр* измеряет распределение атомов и молекул (ионов) по массам, гамма-спектрометр — распределение гамма-квантов по энергиям; оптический спектрометр — распределение энергии оптического излучения по частотам (длинам волн). В узком смысле спектрометрами называют *спектральные приборы* для регистрации оптических *спектров испускания* с помощью фотоэлектрических приёмников излучения.

спектрометр / spectrometry // Spektrometrie *f*: область физики и техники, в которой разрабатывается теория и методы измерений *спектров* (см. также *спектральные приборы*).

спектр оператора / spectrum of an operator // Spektrum eines Operators: в математике (в *теории операторов*): спектр *линейного оператора* A , действующего в *банаховом пространстве* X , — множество точек *комплексной плоскости* λ , в которых оператор $A - \lambda I$ не имеет определённого на всём пространстве X ограниченного обратного оператора $(A - \lambda I)^{-1}$ (см. также *резольвента*).

Спектр всякого *вполне непрерывного* оператора представляет собой не более чем *счётное* множество отличных от нуля *собственных значений* конечной кратности, с единственной возможной предельной точкой $\lambda = 0$, которая может быть собственным значением конечной или бесконечной кратности. В конечномерном *векторном пространстве* спектр линейного оператора A совпадает с множеством собственных значений *матрицы оператора* относительно какого-нибудь *базиса*. Спектр *самосопряжённого оператора* в *гильбертовом пространстве* состоит в общем случае из собственных значений и точек *непрерывного спектра*, причём все точки спектра находятся на вещественной оси $\text{Im } \lambda = 0$.

спектроскопия / spectroscopy // Spektroskopie *f*: раздел физики, в котором изучаются *спектры* электромагнитного излучения и методы их получения. Методами спектроскопии исследуют *энергетические уровни* атомов, молекул и образуемых ими макроскопических систем, что даёт важную информацию о строении и свойствах вещества. Важнейшие области применения спектроскопии — *спектральный анализ* и *астрофизика*.

спектр поглощения / absorption spectrum // Absorptionsspektrum *n*: спектр, получающийся при прохождении через вещество и поглощении в нём электромагнитного излучения. Спектры поглощения возникают при *квантовых переходах* с нижних *энергетических уровней* на верхние.

спецфун́кция: сокращение от термина *специальная функция*.

специализа́ция / specialization // Spezialisierung *f*: в области высшего

образования — одна из областей *специальности*, например, «теоретическая физика» (одна из областей специальности «физика»).

специальная теория относительности, частная теория относительности / special theory of relativity // spezielle Relativitätstheorie: см. *теория относительности*.

специальные функции / special functions // spezielle Funktionen: совокупность отдельных классов функций, возникающих при решении как теоретических, так и прикладных задач в различных разделах математики. К наиболее важным специальным функциям относятся *гамма-функция* и *бета-функция*, *гипергеометрические функции*, *функции Бесселя*, *функции Эйри*, *сферические функции*, *полиномы Лежандра*, *Лагерра*, *Чебышева*, *Эрмита*, *интегральный синус*, *интеграл вероятности*, *дзета-функция*, *эллиптические интегралы*, функции Матьё и другие.

спин / spin // Spin m : в физике — собственный момент импульса (механический момент количества движения) *элементарных частиц*, имеющий квантовую природу и не связанный с движением частицы как целого. Иногда спином называют также собственный момент импульса атомного ядра или атома; в этом случае под спином понимают векторную сумму моментов импульса элементарных частиц, образующих систему, и орбитальных моментов этих частиц, обусловленных их движением внутри системы.

Если спин измерять в единицах *постоянной Планка* $\hbar$ (как это обычно принято), то для любой системы он выражается целым (включая нуль) или полуцелым числом J , которое называется *спиновым квантовым числом*, или просто *спином*. Спин электрона, протона, нейтрона, нейтрино и их античастиц равен $1/2$; спин π -мезонов равен нулю, спин фотона равен 1. Проекция спина на любое фиксированное направление в пространстве может принимать $2J + 1$ значений $-J, -J + 1, -J + 2, \dots, +J - 1, +J$ (в частности, при $J = 1/2$ два значения: $-1/2$ и $+1/2$). Это означает, что частица со спином J может находиться в $2J + 1$ спиновых состояниях, т.е. она обладает дополнительной внутренней *степенью свободы*. Со спиновым моментом импульса частицы, имеющей ненулевую массу покоя, связан спиновый *магнитный момент* $\mu = \gamma \hbar J$. Коэффициент γ называется *магнитомеханическим* (или *гиромангнитным*) отношением.

Наличие у электрона спинового магнитного момента приводит к дополнительному расщеплению *энергетических уровней* электронов в атомах из-за *спин-орбитального взаимодействия*, т.е. взаимодействия спинового магнитного момента с магнитным полем, создаваемым орбитальным движением электрона в атоме (так называемая *тонкая структура* уровней энергии). Этим расщеплением уровней энергии объясняется мультиплетная тонкая структура атомных спектров.

Спин частиц однозначно связан с характером статистики, которой

они подчиняются. Все частицы с целым спином являются *бозонами*, т.е. подчиняются *статистике Бозе – Эйнштейна*, с полуцелым — *фермионами*, т.е. подчиняются *статистике Ферми – Дирака*. Для фермионов справедлив *принцип Паули*, согласно которому две частицы не могут находиться в одном квантовом состоянии. Принцип Паули позволяет объяснить закономерности заполнения электронных оболочек в атомах и периодичность свойств химических элементов.

спинор / spinor // Spinor m : волновая функция физического поля, состоящая из двух компонент, определённым образом преобразующихся друг через друга при повороте системы координат. Примером может служить волновая функция электрона в релятивистской квантовой теории, представляющая собой пару спиноров (биспинор).

спин-орбитальное взаимодействие / spin-orbital interaction // Spin-Phonon-Wechselwirkung f : релятивистский эффект, зависящий от величины и взаимной ориентации собственного (спинового) магнитного момента и орбитального магнитного момента частиц (например, атомных электронов), приводящий к так называемой тонкой структуре уровней энергии квантовой системы. Наглядную картину спин-орбитального взаимодействия можно представить себе, рассматривая, например, орбитальное движение электрона в атоме водорода. Если перейти в систему отсчёта, в которой электрон покоится, то движущееся ядро, как и любой движущийся заряд, будет порождать магнитное поле. Это поле будет действовать на собственный магнитный момент электрона и изменять его энергию на величину, зависящую от ориентации спина. Так как проекция спина на направление магнитного поля может принимать два значения ($\pm \frac{1}{2}$ в единицах $\hbar$), то спин-орбитальное взаимодействие приведёт к расщеплению уровней энергии атома водорода на два близких подуровня, вызывая дублетную тонкую структуру уровней. У многоэлектронных атомов картина тонкого расщепления уровней энергии более сложная (мультиплетная).

спираль / spiral // Spirale f : плоская спираль — кривая, которая бесконечно закручивается вокруг одной точки и при этом приближается к ней (или удаляется от неё). Уравнения некоторых спиралей в полярных координатах r, ϕ : а) $r = a\phi$ (логарифмическая спираль, или спираль Архимеда); б) $r = a/\phi$ (гиперболическая спираль); в) $r^2 = a^2\phi$ (параболическая спираль).

сплавы / alloys // Legierungen pl : макроскопически однородные вещества, получаемые сплавлением двух или более металлов, неметаллов, органических веществ и т.п. Особенно важна роль в технике металлических сплавов, составляющих основу конструкционных материалов. Варьируя состав сплава, а также методы его получения и обработки, можно получать материалы с разнообразными полезными свойствами.

сплайн / spline // Spline n : на отрезке $[a, b]$ зададим вспомогательные точки $x_1, \dots, x_n$, причём $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$, и обозначим Δ_n соответствующее разбиение данного отрезка на частичные отрезки $[x_i, x_{i+1}]$. Сплайном степени m называется определённая на отрезке $[a, b]$ функция $S_m(\Delta_n; x)$, имеющая непрерывные *производные* до порядка $(m-1)$ и совпадающая на каждом из частичных отрезков с некоторым *полиномом* степени не выше m . Сплаины применяются для приближения функций; наиболее часто используются кубические сплайны ($m = 3$).

сплошной спектр, непрерывный спектр / continuous spectrum // kontinuierliches Spektrum: *спектр* электромагнитного излучения, распределение энергии в котором характеризуется непрерывной функцией частоты или длины волны излучения. Сплошные спектры наблюдаются как в испускании, так и в поглощении. Примером сплошного спектра, охватывающего весь диапазон частот, может служить спектр излучения *абсолютно чёрного тела*. В некоторых случаях возможно наложение линейчатого спектра на сплошной. Например, в спектрах Солнца и звёзд на сплошной спектр испускания может накладываться дискретный спектр поглощения (так называемые фраунгоферовы линии).

сплюснутый / oblate // abgeplattet: сплюснутый *эллипсоид* вращения — поверхность вращения *эллипса* $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ($a > b$) вокруг оси ординат. См. также *вытянутый*.

спокойный / quiet // ruhig: не бурный, не быстрый, тихий. «При спокойном течении жидкости вихри не возникают» / in a quiet flow of a liquid no vortex arises // wenn eine Flüssigkeit ruhig fließt, entsteht da kein Wirbel.

спонтанная намагнёченность / spontaneous magnetization // spontane Magnetisierung: самопроизвольная *намагниченность* (дипольный магнитный момент единицы объема) *ферромагнетика* в магнитоупорядоченном состоянии, при котором все элементарные магнитные моменты атомарных носителей магнетизма в веществе ориентированы в одном направлении.

спонтанное деление ядер / spontaneous nuclear fission // spontane Kernspaltung: самопроизвольное деление тяжёлых ядер, разновидность радиоактивного распада (см. *радиоактивность*). Подобно *альфа-распаду*, происходит путём туннельного перехода (см. *туннельный эффект*). Спонтанное деление ядер является основным каналом распада сверхтяжёлых ядер, поэтому именно этим процессом определяется возможность существования ядер с большими Z , а тем самым и граница *периодической системы химических элементов*. Спонтанное деление впервые обнаружено у ядер урана в 1940 г.

спонтанное излучение, спонтанное испускание / spontaneous emis-

sion // spontane Emission: самопроизвольное испускание электромагнитного излучения атомами и другими квантовыми системами, находящимися на возбужденных *уровнях энергии*, при *квантовом переходе* на более низкий уровень энергии. В противоположность *вынужденному излучению*, спонтанное излучение не зависит от воздействия на квантовую систему внешнего электромагнитного излучения, и его закономерности определяются только свойствами самой системы, подобно другим типам спонтанных процессов (например, радиоактивному распаду, см. *радиоактивность*). Вследствие спонтанного излучения число атомов, возбуждённых на некоторый уровень энергии, убывает со временем по экспоненциальному закону $N(t) = N_0 \exp(-\gamma t)$, где γ — полная вероятность перехода атома с данного уровня на все более низкие уровни энергии. Вероятность перехода γ зависит от свойств уровней энергии, между которыми происходит переход. Для дипольного излучения она пропорциональна кубу частоты перехода и квадрату дипольного момента перехода. Обратная величина $\tau = 1/\gamma$ равна среднему *времени жизни* атома в возбуждённом состоянии.

спонтанный перехóд / spontaneous transition // spontaner Übergang: самопроизвольный *квантовый переход* системы из состояния с более высокой энергией в состояние с более низкой энергией. Спонтанные переходы могут быть излучательными (см. *спонтанное излучение*) и безизлучательными, в которых система отдаёт избыток энергии при взаимодействии с другими системами, например, при столкновениях с другими атомами.

споради́ческий / sporadic // sporadisch: редкий; нерегулярный. Например, спорадические выбросы массы раскалённых газов из тела звезды, спорадический скачок напряжения в сети.

спóсоб / way, method // Art *f*, Weise *f*, Verfahren *n*, Methode *f*: метод, путь. «Таким способом» / in this way // auf diese Art /// «Другим способом» / in a different way // auf andere Art /// «Обычным способом» / in the usual way, as usual /// üblicherweise, wie gewöhnlich.

спосóбность / ability, capacity, capability // Fähigkeit *f*, Vermögen *n*: «способность спектроскопического прибора разделять волны близкой длины характеризуется его разрешающей силой» / the ability of a spectroscopic instrument to separate the waves having close wavelengths is characterized by its resolving power // durch das Auflösungsvermögen wird die Fähigkeit eines spektroskopischen Instrumentes charakterisiert, die Wellen mit nahen Wellenlängen zu trennen.

спра́ва / from the right, to the right (of) // von rechts: «некоторые формулы полезно читать справа налево» / it is useful to read some formulae from the right to the left // es ist nützlich, manche Formeln von rechts nach links zu lesen.

спрямля́емая крива́я / rectifiable curve // rektifizierbare Kurve: кривая,

имеющая конечную длину, см. *длина дуги*. Для того, чтобы кривая, заданная в пространстве $Oxyz$ функциями $x = f(t)$, $y = g(t)$, $z = h(t)$, $t \in [a, b]$, была спрямляема, необходимо и достаточно, чтобы это были *функции ограниченной вариации*.

спуск / descent // Abstieg m : движение вниз. В математике: см. *метод спуска*.

спу́тник / satellite // Satellit m , Trabant m : в астрономии — небесное тело, обращающееся вокруг Земли (Луна, искусственный спутник) или другой *планеты*.

сравне́ние / comparison // Vergleichung f : действие, при котором *сравнивают* два объекта. «По сравнению с...» / compared to... // im Vergleich mit...

сра́внивать / compare // vergleichen: сравнивать два объекта означает сопоставлять их для выяснения, какой из них обладает преимуществом (в каком-либо смысле). Например, «сравнивая эти два подхода, мы видим, что при втором подходе вычисление значительно короче» / on comparing the two methods we see that the calculation by the second method is much shorter // bei der Vergleichung dieser zwei Methoden wir sehen, dass die Berechnung mit Hilfe der zweiten Methode viel kürzer ist.

сравни́мый / comparable // vergleichbar: сопоставимые: «атом и звезда не сравнимы по размерам» / an atom and a star are not comparable by the size // ein Atom und ein Stern sind unvergleichbar im Sinn der Größe

среда́ 1 / Wednesday // Mittwoch m : день недели. «В среду» / on Wednesday // am Mittwoch.

среда́ 2 / medium // Medium n : в физике — пространство, заполненное веществом, например, водная среда, упругая среда, межзвёздная среда.

сре́днее отклоне́ние, стандартное отклонение / standard deviation, mean square deviation // Standardabweichung f , mittlere quadratische Abweichung: то же, что *среднеквадратичное отклонение*.

сре́днее арифмети́ческое / arithmetic mean // arithmetisches Mittel: среднее арифметическое a чисел $a_1, a_2, \dots, a_n$ определяется формулой $a = \frac{1}{n}(a_1 + a_2 + \dots + a_n)$.

сре́днее вре́мя жи́зни / mean life, mean lifetime // mittlere Lebensdauer: см. *время жизни*.

сре́днее геометри́ческое / geometric mean // geometrisches Mittel: среднее геометрическое c положительных чисел $a_1, a_2, \dots, a_n$ определяется формулой $c = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}$.

сре́днее значе́ние / mean value // Mittelwert m : среднее значение $\tilde{f}$ функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$ определяется формулой $\tilde{f} = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$.

Среднее взвешенное значение: $\tilde{f}_g = \frac{F}{G}$, где $F = \int_a^b f(x)g(x) dx$, $G = \int_a^b g(x) dx$, $g(x)$ — *весовая функция*. Понятие среднего значения естественно обобщается для функций нескольких переменных. «В среднем» / on the average // im Durchschnitt, durchschnittlich. См. также *сходимость в среднем*.

среднеквадратичное значение / root mean square, quadratic mean // quadratisches Mittel: для набора действительных чисел $x_1, x_2, \dots, x_n$ среднеквадратичное значение равно $\tilde{x} = \sqrt{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)/n}$. Для вещественной функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$ её среднеквадратичное значение равно $\tilde{f} = \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b f^2(x) dx}$.

среднеквадратичное отклонение / standard deviation, root-mean-square deviation // Standardabweichung f , mittlere quadratische Abweichung, Streuung f : в *теории вероятностей*: среднеквадратичное отклонение случайной величины X — квадратный корень из *дисперсии* $D(X)$ этой величины: $\sigma = \sqrt{D(X)}$. Число σ характеризует меру рассеяния случайной величины вокруг её среднего значения $M(X)$.

среднесуточный / daily average // Tagesdurchschnitts=: среднесуточная температура наружного воздуха — среднее арифметическое значений температуры, измеренной несколько раз в сутки через равные промежутки времени.

средняя линия / midline // Mittellinie f : в *треугольнике* — отрезок, соединяющий середины двух сторон; средняя линия параллельна основанию треугольника и длина её равна половине длины основания. Средняя линия *трапеции* — отрезок, соединяющий середины боковых сторон; средняя линия параллельна основаниям трапеции и длина её равна полусумме длин оснований.

средняя точка / midpoint // Intervallmitte f : средняя точка отрезка, или середина отрезка, — точка отрезка, равноудалённая от его концов.

стабильность / stability // Stabilität f : устойчивость.

ста́вить / put, place, set, pose // stellen: помещать, класть, налагать (условия). «Ставить задачу» / to set a problem // das Problem stellen.

стандарт / standard, norm // Standard m , Norm f , DIN f : уровень качества (а также: размер, масштаб, формат), принятый за норму. Например, «бумага стандарта (или формата) A4» / paper of the A4 format / DIN-A4-Blatt. (Примечание: DIN — сокращение для Deutsches Institut für Normung).

стандартное отклонение: то же, что *срединное отклонение*.

ста́рший член / leading term, highest degree term // höchstes Glied, Leitglied n , Anfangsglied n : в математике: а) старший член полинома

$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0$ — слагаемое $a_n x^n$; б) при разложении функции $f(x)$ в окрестности конечной точки $x = x_0$: $f(x) = a_n(x - x_0)^n + a_{n+1}(x - x_0)^{n+1} + \dots$ старший член разложения — слагаемое $a_n(x - x_0)^n$.

ста́тика / statics // Statistik f : раздел механики, изучающий условия *равновесия* материальных тел под действием сил. Для равновесия твёрдого тела необходимо обращение в нуль как векторной суммы всех действующих на тело сил, т.е. главного вектора системы сил, так и векторной суммы моментов сил, т.е. главного момента системы сил (см. *равновесие*). Условия равновесия упруго деформируемых тел, а также жидкостей и газов рассматриваются соответственно в теории упругости, гидростатике и аэростатике.

ста́тистика 1) statistic, sample function // Stichprobenfunktion f , Statistik f : собрание данных о каком-нибудь явлении массового характера, например, статистика рождаемости, статистика народонаселения (population statistic // Bevölkerungsstatistik f); 2) statistics // Statistik f : отрасль знаний, в которой разрабатываются методы сбора и обработки массовых количественных данных. См. также *математическая статистика*.

ста́тистика Бóзе–Эйнште́йна / Bose-Einstein statistics // Bose-Einstein-Statistik f : квантовая статистика, применяемая к системам частиц с нулевым или целочисленным значением *спина* (в единицах *постоянной Планка* $\hbar$). Для таких частиц, в отличие от частиц с полуцелым спином, подчиняющихся *принципу Паули*, нет ограничений на числа заполнения квантовых состояний, т.е. в любом состоянии может находиться любое число тождественных частиц. В этом случае для *идеального газа* тождественных частиц средние значения чисел заполнения $\langle n_i \rangle$ определяются распределением Бозе–Эйнштейна:

$$\langle n_i \rangle = \frac{1}{\exp \frac{E_i - \mu}{kT} - 1}.$$

Здесь $\langle n_i \rangle$ — среднее число частиц в состоянии с энергией E_i , i — набор квантовых чисел, характеризующих состояние частицы, μ — химический потенциал, играющий роль нормировочной постоянной, значение которой определяется полным числом частиц в системе. Если полное число частиц в системе не фиксировано, а должно определяться из условия *термодинамического равновесия*, как, например, для *фотонов* в случае равновесного теплового излучения или *фононов* (квазичастиц — квантов колебаний кристаллической решетки) в твёрдом теле, то химический потенциал равен нулю: $\mu = 0$.

Для сильно разреженных газов распределение Бозе – Эйнштейна, как и распределение Ферми – Дирака для частиц с полуцелым спином, переходит в распределение Больцмана.

ста́тистика Бóльцмана / Boltzmann statistics // Boltzmann-Statistik f : статистический метод описания физических свойств систем, содержащих

большое число невзаимодействующих частиц, движущихся по законам классической механики (т.е. свойств классического *идеального газа*). В *статистическом равновесии*, соответствующем наиболее вероятному распределению частиц по уровням энергии, среднее значение числа частиц $\langle n_i \rangle$ в состоянии с энергией E_i определяется распределением Больцмана:

$$\langle n_i \rangle = \exp \left(-\frac{E_i - \mu}{kT} \right).$$

Здесь μ — химический потенциал, играющий роль нормировочной постоянной, значение которой определяется из условия $\sum_i n_i = N$, где N — полное число частиц в системе.

статистика Фёрми–Дирака / Fermi-Dirac statistics // Fermi-Dirac-Statistik *f*: квантовая статистика, применяемая к системам тождественных частиц с полуцелым значением *спина* (в единицах *постоянной Планка* $\hbar$). Для таких частиц необходимо учитывать *принцип Паули*, согласно которому в каждом *квантовом состоянии* может находиться не более одной частицы. Для *идеального газа* фермионов (так называемого ферми-газа) в состоянии *статистического равновесия* среднее число частиц $\langle n_i \rangle$ в состоянии с энергией E_i (i — набор квантовых чисел, характеризующих состояние частицы) определяется распределением Ферми-Дирака:

$$\langle n_i \rangle = \frac{1}{\exp \frac{E_i - \mu}{kT} + 1}.$$

Здесь μ — химический потенциал, играющий роль нормировочной постоянной, значение которой определяется полным числом частиц в системе. Согласно распределению Ферми–Дирака, в предельном случае абсолютного нуля температуры все уровни энергии ниже некоторой максимальной (называемой энергией Ферми) заполнены, а вышележащие уровни — свободны.

статистическая оценка, точечная оценка / statistical estimate, point estimator // statistischer Schätzwert, Schätzung *f*, Punktschätzung *f*: в *математической статистике*: функция от *случайных величин*, применяемая для оценивания (т.е. приближённого представления) неизвестных параметров распределения вероятностей. Например, пусть в результате n измерений физической величины X получены (приближённые) значения $x_1, \dots, x_n$. Поскольку случайные ошибки измерений происходят от суммарного воздействия большого числа малых возмущающих факторов, то можно считать, что числа $x_1, \dots, x_n$ — значения случайных величин $X_1, \dots, X_n$, распределённых по одному и тому же *нормальному закону* с неизвестными математическим ожиданием a и дисперсией σ^2 . В качестве статистической оценки для параметра a берут обычно функцию $\bar{X} = \frac{1}{n}(X_1 + \dots + X_n)$, а для параметра

σ^2 — функцию $s_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2$. Обе эти оценки — несмещённые и состоятельные.

Статистическая оценка γ_n^* параметра γ называется: а) несмещённой, если её *математическое ожидание* совпадает с таковым для самого параметра: $M(\gamma_n^*) = M(\gamma)$; б) состоятельной, если при $n \rightarrow \infty$ последовательность γ_n^* сходится по вероятности к γ , т.е. для любого числа $\epsilon > 0$ при $n \rightarrow \infty$ имеет место $P(|\gamma_n^* - \gamma| < \epsilon) \rightarrow 1$. См. также *доверительная оценка*.

статистическая физика / statistical physics // statistische Physik: раздел теоретической физики, изучающий свойства макроскопических тел, т.е. систем, состоящих из очень большого, но конечного числа частиц (молекул, атомов, электронов и т.д.), исходя из свойств этих частиц и взаимодействий между ними, например, свойства газа, заключенного в сосуд. При нормальных условиях в 1 см³ газа содержится примерно $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул. Для изучения системы из такого числа частиц методы механики неприменимы: невозможно ни решить уравнения их движения, ни даже получить информацию о начальном состоянии, т.е. координатах и импульсах каждой из частиц. Однако именно большое число частиц в макроскопических системах приводит к появлению новых, статистических закономерностей в поведении таких тел. Для статистической физики характерно вычисление не точных значений различных физических величин, описывающих макроскопическую систему, а средних значений этих величин.

статистический / statistical // statistisch: относящийся к *статистике*.

статистический ансамбль / statistical ensemble // statistische Gesamtheit: в *статистической физике* для вычисления средних значений различных физических величин используют *функции распределения* частиц макроскопической системы в фазовом пространстве, точки которого изображают состояние системы. Усреднение по времени, выполняемое с помощью функции распределения, можно также рассматривать как усреднение по статистическому ансамблю, т.е. по большой совокупности одинаковых физических систем многих частиц («копий» данной системы), находящихся в одинаковых макросостояниях (т.е. все системы ансамбля характеризуются одинаковыми значениями макроскопических параметров), но микросостояния этих систем могут различаться.

статистическое равновесие / statistical equilibrium // statistisches Gleichgewicht: макроскопическая система, изолированная от внешних воздействий, с течением времени приходит в стационарное состояние, когда все её макроскопические (термодинамические) параметры не изменяются со временем. Свойства этого состояния *термодинамического равновесия* определяются только такими общими характеристиками начального состояния, как число частиц, их суммарная (полная) энергия и т.п. С точки зрения

статистической физики система в этом состоянии, называемом состоянием статистического равновесия, характеризуется не зависящей от времени равновесной функцией распределения частиц в фазовом пространстве. Например, для классического *идеального газа* во внешнем силовом поле такой функцией будет распределение Максвелла – Больцмана.

статический / static // statisch: в механике — относящийся к статике; в теории электричества — неподвижный, например: статические заряды на поверхности проводника.

ста́тор / stator // Stator *m*: неподвижная часть электрической машины.

стационарное состояние / stationary state, steady state // stationärer Zustand: в физике — состояние физической системы, в котором характеризующие систему величины (разные для разных систем), не изменяются со временем. Например, состояние потока жидкости стационарно, когда скорость её движения в каждой точке остаётся неизменной. В *квантовой механике* стационарным называют состояние, в котором энергия квантовой системы имеет определённое (и не меняющееся со временем) значение. Атом, находящийся в стационарном состоянии, не излучает. Каждому атому отвечает определённый набор уровней энергии стационарных состояний. Переход квантовой системы из одного стационарного состояния в другое (*квантовый переход*) происходит скачкообразно, при этом атом испускает или поглощает определённую порцию (квант) энергии.

стационарное уравнение / stationary equation // stationäre Differentialgleichung: *дифференциальное уравнение* с частными производными, не содержащее независимой переменной типа времени, например, *уравнение Гельмгольца*. Стационарные уравнения описывают установившиеся состояния, не меняющиеся с течением времени. См. также *эволюционное уравнение*.

стационарный / stationary, steady // stationär: в физике: а) не изменяющий свои свойства с течением времени (например, стационарное распределение температуры тела — распределение температуры, установившееся в теле по истечении длительного времени при неизменных внешних условиях); б) периодически зависящий от времени, например, стационарное *колебание* $u(x, t) = f(x) \sin(\omega t)$.

стекло́ / glass // Glas *n*: *аморфное* вещество («твёрдый раствор»), состоящее из силикатов (также алюминатов и боратов) натрия, калия, кальция и др. Состав, свойства и применение стёкол чрезвычайно разнообразны.

стекловолокно́ / glass fiber // Glasfaser *f*: см. *световод*.

степенная функция / power function // Potenzfunktion *f*: функция x^a , где a — *вещественное число*, называемое показателем степени. При целых $a \geq 0$ область определения $x \in (-\infty, +\infty)$, при целых $a < 0$ $x \in (-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$; в общем случае $x \in (0, +\infty)$. Функцию $x^{1/n}$ при натуральном $n > 2$ записывают также в виде $\sqrt[n]{x}$ (*корень n -й степени*),

при $n = 2$ в виде $\sqrt{x}$ (квадратный корень). При $x > 0$ степенная функция — *монотонная функция*: возрастающая в случае $a > 0$ и убывающая в случае $a < 0$. Степенная функция рассматривается также на множестве *комплексных чисел*.

степенной ряд / power series // Potenzreihe f : ряд вида $\sum_{n=0}^{\infty} c_n(x - a)^n = c_0 + c_1(x - a) + c_2(x - a)^2 + \dots$ называется степенным рядом по степеням $(x - a)$. Здесь x — *вещественная* или *комплексная* переменная, a — постоянное число, $c_0, c_1, \dots$ — коэффициенты ряда. Всякий степенной ряд имеет радиус сходимости R . Если ряд сходится только при $x = a$, то $R = 0$; если ряд сходится при любых x , то пишут $R = \infty$. Если при $|x - a| < R$ ряд сходится, а при $|x - a| > R$ расходится, то R называют радиусом сходимости степенного ряда. Радиус сходимости можно найти с помощью одной из формул:

$$\frac{1}{R} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{c_{n+1}}{c_n} \right|, \quad \frac{1}{R} = \lim_{n \rightarrow \infty} |c_n|^{\frac{1}{n}},$$

если указанные пределы существуют. Область сходимости степенного ряда: на вещественной оси Ox — интервал $x \in (-R + a, R + a)$, на комплексной плоскости $z \in \mathbf{C}$ — круг $|z - a| < R$, называемый кругом сходимости. Примеры: а) ряд $\sum_{n=0}^{\infty} z^n$ сходится в круге $|z| < 1$; б) ряд $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$ сходится при всех $z \in \mathbf{C}$; в) ряд $\sum_{n=0}^{\infty} n!z^n$ расходится при всех $z \in \mathbf{C}, z \neq 0$.

Внутри круга сходимости степенной ряд можно почленно дифференцировать и почленно интегрировать, при этом круг сходимости не меняется. Сумма степенного ряда — *регулярная функция* в круге сходимости.

степень полинома / degree of a polynomial // Grad des Polynoms: см. *полином*.

степень свободы / degree of freedom // Freiheitsgrad m : в механике: степени свободы — независимые параметры, которые нужно задать, чтобы описать (задать однозначно) пространственное положение механической системы. Материальная точка имеет три степени свободы, твёрдое тело — 6 степеней свободы, непрерывная гибкая струна — бесконечное число степеней свободы.

степень / power // Potenz f : в математике — результат умножения числа на это же число, например, вторая степень числа a : $a^2 = a \cdot a$, третья степень: $a^3 = a \cdot a \cdot a$, и т.д. Отрицательная степень числа понимается как единица, делённая на это число в соответствующей положительной степени: $a^{-n} = \frac{1}{a^n}, n = 1, 2, 3, \dots$. Дробная степень вида $\frac{1}{n}$ числа a означает корень соответствующей степени: $a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$, при этом $a^{\frac{m}{n}} = (a^{\frac{1}{n}})^m$. «Показатель степени» / exponent // Potenzexponent m /// «возвести в четвёртую

степень» / raise to the fourth power // zur Potenz 4 erheben /// «извлечь корень пятой степени из x » / take the fifth root of x // die fünfte Wurzel von x ziehen.

стеради́ан / steradian // Steradian m : единица телесного (пространственного) угла — *телесный угол* с вершиной в центре сферы радиуса r , вырезающий на поверхности сферы площадь, равную r^2 . Одна из двух дополнительных единиц *системы СИ*. Телесный угол *прямого кругового конуса*, в осевом сечении которого плоский угол при вершине равен α , содержит $2\pi(1 - \cos \frac{\alpha}{2})$ стерадиан.

стереографическая прое́кция / stereographic projection // stereographische Projektion: один из видов проекции *сферы* на плоскость. Пусть сфера и плоскость касаются друг друга в точке S (называемой «южным полюсом» сферы); диаметр сферы, проходящий через точку касания, пересекает сферу в точке N («северный полюс» сферы). Пусть произвольный луч, выходящий из северного полюса, пересекает сферу в точке M ; обозначим точку пересечения луча с плоскостью через z_M . Соответствие $M \rightarrow z_M$ называется стереографической проекцией сферы на плоскость. Это соответствие *взаимно однозначное* за исключением одной точки — северного полюса, которой на плоскости ничего не соответствует. Условно принимают, что точке N соответствует на плоскости точка $z = \infty$, при этом плоскость z называют расширенной плоскостью, а сферу — сферой *Римана*.

стереомéтрия / stereometry, solid geometry // Stereometrie f : раздел геометрии, изучающий фигуры в пространстве.

стереоско́п / stereoscope // Stereoskop n : бинокулярный оптический прибор для раздельного наблюдения правым и левым глазом соответствующего частичного изображения. В результате создаётся единый зрительный образ, обладающий стереоскопичностью, т.е. представляющий наблюдателю объёмным (трёхмерным), передающим форму предметов и их взаимное расположение в пространстве. Эффект стереоскопичности достигается благодаря тому, что на частичных изображениях предметы зафиксированы в разных ракурсах, соответствующих наблюдению предмета по отдельности правым и левым глазом.

стереоскопическое изобра́жение / stereoscopic picture, three-dimensional picture // stereoskopische Abbildung: пространственное изображение, которое представляется зрительно объёмным (трёхмерным) — см. *стереоскоп*.

сте́ржень / rod, bar // Stiel m , Stange f : твёрдое тело удлинённой формы с одинаковым по длине поперечным сечением.

стигматическое изобра́жение / stigmatic image // stigmatische Abbildung: *оптическое изображение* точки предмета, полученное в результате прохождения лучей света через *оптическую систему* (например, объектив фотоаппарата), называется стигматическим, если все формирующие изображение

лучи пересекаются в одной точке, т.е. если это изображение представляет собой также точку. Изображение может быть стигматическим только в идеальных оптических системах; в реальных условиях лучи пересекают плоскость изображения в разных точках, образуя вместо одной точки абберационное пятно хотя и малых, но конечных размеров. Изображение близко к стигматическому, если в его формировании задействованы только *параксиальные пучки* или если в оптической системе практически устранены все *абберации*. Даже при условии устранения всех геометрических aberrаций получить точечное изображение невозможно из-за волновой природы света: изображение точки всегда представляет собой пятно, обусловленное *дифракцией* света на входном зрачке (оправе объектива) оптической системы.

Сти́лтес (Thomas Johannes Stieltjes, 1856–1894): нидерландский математик. Труды по непрерывным дробям, ортогональным полиномам, приближённому интегрированию. См. также *интеграл Стильтеса*.

Стокс (George Gabriel Stokes, 1819–1903): английский физик и математик. Фундаментальные исследования по гидродинамике (уравнение Навье–Стокса, закон Стокса); труды по оптике, люминесценции, векторному анализу (теорема Стокса).

столбе́ц / column // Spalte *f*, Kolonne *f*: в математике — ряд написанных один под другим символов или чисел. См. также *матрица*.

сто́лбчатая диагра́мма: см. *гистограмма*.

столкнове́ние / collision // Zusammenstoß *m*: в физике — взаимодействие тел, удар, происходящий в результате движения тел навстречу друг другу. Столкновения атомных частиц — элементарные акты соударения двух частиц (атомов, молекул, электронов или ионов). При *упругих столкновениях* суммарная кинетическая энергия сталкивающихся частиц остаётся прежней — она лишь перераспределяется между частицами. В частично *неупругом столкновении* изменяется внутреннее состояние сталкивающихся частиц (они совершают *квантовые переходы* на другие *уровни энергии*) и соответствующим образом изменяется их суммарная кинетическая энергия.

сторо́на / side // Seite *f*: в *многоугольнике* — отрезок прямой, соединяющий какие-либо две соседние вершины. «Сторона поверхности»: см. *двусторонняя поверхность*. «С одной стороны это хорошо, а с другой стороны — плохо» / on the one hand it is good, but on the other hand it is bad // einerseits ist es gut, aber anderseits ist es schlecht.

сторо́на треу́гольника / side, leg // Seite *f*, Schenkel *m*: каждый из трёх отрезков, ограничивающих *треугольник*.

сторо́на у́гла / side, leg // Seite *f*, Schenkel *m*: каждый из двух лучей, образующих *угол*.

сто́ун / stone // Stone *n*: единица массы в *английской системе единиц*, равная 14 *фунтам* $\approx 6,35$ кг.

стохастический процесс: то же, что *случайный процесс*.

стоячая волна / standing wave // stehende Welle, Stehwelle f : периодическое во времени синфазное колебание с характерным пространственным распределением амплитуды — чередованием узлов с нулевой амплитудой и пучностей с максимальной амплитудой колебаний. В линейной системе (например, в натянутой струне) стоячую волну можно представить как сумму (суперпозицию) двух бегущих навстречу волн одинаковой частоты, амплитуды и поляризации. В отличие от бегущей волны, в стоячей волне не происходит направленного переноса энергии, а осуществляется лишь преобразование энергии одного вида в другой и обратно (кинетической и потенциальной в механических системах, энергий электрического и магнитного полей в резонаторах и т.п.) с удвоенной частотой и с пространственным перераспределением энергии от узлов к пучностям и обратно. В закреплённой на концах струне, в акустических и электромагнитных *объёмных резонаторах* стоячие волны представляют собой *нормальные колебания* (моды), которым соответствует дискретный набор собственных частот.

странность / strangeness // Strangeness f : аддитивное квантовое число S , которое, наряду с «очарованием» и «красотой», является специфической характеристикой *адронов*: все адроны обладают определёнными целочисленными (нулевым, положительными или отрицательными) значениями S , причём $|S| \leq 3$. Античастицы имеют странность противоположного знака по сравнению со странностью соответствующих частиц. Адроны с $S \neq 0$ и нулевыми значениями других специфических для адронов квантовых чисел — «очарования» и «красоты» — называются странными частицами. В процессах превращений, обусловленных сильным и электромагнитным взаимодействиями, странность сохраняется в том смысле, что суммарная странность исходных и конечных частиц одинакова. В некоторых процессах слабого взаимодействия суммарная странность может не сохраняться, изменяясь на 1 по сравнению с начальным состоянием. Отличная от нуля странность некоторых адронов связана с тем, что в их состав входит один или несколько странных *кварков* с $S = -1$.

странные частицы / strange particles // seltsame Teilchen: *адроны*, обладающие ненулевым значением квантового числа *странности* S (в отличие от «обычных» частиц, таких как π -мезоны и нуклоны, для которых $S = 0$), и нулевыми значениями других специфических для адронов квантовых чисел — «очарования» и «красоты». К странным частицам относятся K -мезоны, гипероны и некоторые *резонансы*. Все странные частицы нестабильны. Странные резонансы распадаются очень быстро за счёт *сильного взаимодействия*; остальные странные частицы распадаются в результате *слабого взаимодействия* относительно медленно, за время порядка $10^{-8} - 10^{-10}$ с на частицы с меньшей странностью, «нестранные»

частицы и лептоны; в таких случаях суммарная странность продуктов распада меньше странности исходной частицы на единицу. Странные частицы рождаются с большой вероятностью при столкновениях «обычных» адронов за счёт сильного взаимодействия, при этом они обязательно возникают парами или в большем количестве, так чтобы их суммарная странность была равна нулю. Распадаются же странные частицы на «обычные» за счёт слабого взаимодействия с очень малой вероятностью. Эта странность их поведения и послужила причиной их названия.

стратегия / strategy // Strategie *f*: в *теории игр* — возможный (в соответствии с правилами игры) способ действия игрока или коалиции действия.

стратифицированный / stratified // stratifiziert, geschichtet: слоистый.

страты / strata // Schichten *pl*, Strata *pl*: светлые слои, периодически чередующиеся с тёмными промежутками в положительном столбе электрического разряда в газе низкого давления (тлеющего разряда). В одних случаях страты неподвижны, в других — перемещаются (бегущие страты). Каждая страта обращена яркой и резкой стороной к катоду; при приближении к аноду яркость страт уменьшается. По современным представлениям, страты являются ионизационными волнами.

страхование / insurance // Versicherung *f*: мероприятия, предусматриваемые с целью компенсировать ущерб от возможных в будущем стихийных бедствий или несчастных случаев. Владелец имущества заключает со страховой компанией договор страхования на какой-либо срок, в течение которого компания обязуется выплатить владельцу определенную договором сумму в случае повреждений имущества, произошедших в результате тех или иных оговоренных договором событий (пожар, наводнение, землетрясение, ограбление и т.п.). Владелец имущества уплачивает страховые взносы независимо от того, произошли или нет упомянутые события. Медицинское страхование предназначено для полного или частичного покрытия расходов застрахованного лица в случае болезни.

стрелка 1) pointer // Zeiger *m*: стрелка прибора; 2) hand, needle // Zeiger *m*: стрелка часов; «по часовой стрелке» / clockwise // im Uhrzeigersinn /// «против часовой стрелки» / counterclockwise // entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn; 3) arrow // Pfeil *m*: типографский значок, например, для обозначения векторов: $\vec{g}$; 4) railway point // Weiche *f*: железнодорожная стрелка (для перевода поезда с одного пути на другой).

стремиться / tend (to) // streben (nach, gegen): добиваться чего-либо; приближаться к чему-либо. В математике: «переменная x стремится к пределу a » / the variable x tends to the limit a // die Variable x strebt gegen den Grenzwert a .

стробоскопические приборы / stroboscopic devices // stroboskopis-

che Geräte: приборы и контрольно-измерительные устройства для наблюдения быстрых периодических движений, действие которых основано на *стробоскопическом эффекте*. Стробоскопические приборы применяются для измерения частоты колебаний механических систем, числа оборотов роторов турбин и других механизмов, для изучения вибраций и т.п. Принцип действия стробоскопических приборов заключается в том, что при освещении совершающего периодическое движение тела короткими импульсами, длительность которых много меньше периода движения, тело будет выглядеть остановившимся, если период освещающих импульсов совпадает с периодом движения тела. При некотором различии периодов движение тела будет выглядеть замедленным.

стробоскопический эффект / stroboscopic effect // Stroboskopischer Effekt, Stroboskopeffekt *m*: зрительная иллюзия, возникающая в случаях, когда наблюдение какого-либо движущегося предмета производится не непрерывно, а в течение коротких, периодически следующих один за другим интервалов времени. Стробоскопический эффект обусловлен инерцией зрения, т.е. сохранением зрительного образа в сознании наблюдателя в течение некоторого времени после того, как вызвавшая образ картина исчезла. При достаточно малом интервале времени между соседними дискретными зрительными образами наблюдение субъективно ощущается как непрерывное, и возможно получение иллюзии движения наблюдаемых предметов. На стробоскопическом эффекте основано восприятие движения в кинематографе и телевидении, а также действие *стробоскопических приборов*.

стро́гий / strict // streng, genau, strikt: «строгое неравенство» / strict inequality // strenge [oder: strickte] Ungleichung.

строка́ 1) line // Zeile *f*: строка текста; 2) row // Zeile *f*: строка матрицы.

структу́ра / structure // Struktur *f*: взаимное расположение и внутренняя связь отдельных частей единого целого. В математике: см. *основные структуры*.

струна́ / string // Saite *f*: тонкая упругая растяжимая нить. Струну можно рассматривать как механическую систему с *распределёнными параметрами*, каждый малый элемент которой обладает инертными свойствами (массой) и упругими свойствами. Если натянуть струну между двумя неподвижными точками *A* и *B* и затем лёгким ударом по струне вывести её из положения покоя, то струна будет совершать *поперечные колебания* в плоскости, проходящей через точки *A* и *B*. Любое колебание струны, закреплённой на концах, можно представить как суперпозицию гармонических *нормальных колебаний* (мод), которые для струны представляют собой *стоячие волны* с узлами в закреплённых концах. Однородная струна имеет эквидистантный спектр собственных частот. См. также *уравнение колебаний струны*.

струи́я / jet, stream // Strahl m , Strom m : форма течения газа или жидкости, при которой вещество течёт сквозь среду с отличающимися от вещества струи параметрами (скоростью, температурой, плотностью и т.д.). Струйные течения чрезвычайно распространены и разнообразны — от струи, вытекающей из сопла ракетного двигателя, трубы или отверстия в стенке сосуда, до струйных течений в океане и атмосфере.

студе́нт / student // Student m : учащийся высшего или среднего специального учебного заведения; школьник.

ступе́нчатая фу́нкция / step function // Treppenfunktion f : кусочно-постоянная функция, т.е. разрывная функция, определённая на объединении интервалов $(a_0, a_1) \cup (a_1, a_2) \cup \dots \cup (a_{n-2}, a_{n-1}) \cup (a_{n-1}, a_n)$ и постоянная на каждом из интервалов. Иногда при задании ступенчатой функции задают также её значения (слева или справа) в точках скачка.

сублима́ция, возгонка / sublimation // Sublimation f : одна из разновидностей *парообразования*, переход вещества из кристаллического состояния непосредственно (без плавления) в газообразное. Сублимация происходит с поглощением теплоты, т.е. представляет собой *фазовый переход* 1-го рода. Сублимация возможна во всём интервале температур и давлений, при которых газообразная и твёрдая фазы данного вещества сосуществуют.

су́мма сил / sum of forces // Summe der Kräfte: в физике — векторная сумма $\vec{F} = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k$, где $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ — отдельные составляющие силы.

стя́гивать / span, subtend // aufspannen: в геометрии: *хорда* AB стягивает *дугу* $\smile AmB$; дуга $\smile AmB$ окружности с центром в точке O стягивает *центральный угол* $\angle AOB$.

суже́ние / contraction, narrowing // Verengung f : а) сужение протяжённого предмета (канала, волновода и т.п.) — участок, на котором ширина этого предмета меньше, чем на соседних участках; б) в математике: сужение отображения — то же, что *ограничение* (1) отображения.

су́мма / sum // Summe f : результат *сложения*. Сумма слагаемых вида $a_m, a_{m+1}, \dots, a_{n-1}, a_n$ обозначается кратко $\sum_{k=m}^n a_k$; читается: «сумма по k от m до n (слагаемых) a_k ». Числовая переменная k называется индексом суммирования; говорят, что k пробегает значения от m до n .

сумма́рный / total, summary, summarized // total, gesamt, Total=: полный, составленный из всех частей, тотальный; например, суммарный доход.

сумми́рование / summation // Addieren n , Summation f : образование суммы, сложение. См. также *методы суммирования*.

сумми́рования ме́тоды: см. *методы суммирования*.

сумми́ровать 1) sum, sum up, add together // addieren, summieren: выполнять *сложение*; 2) summarize // summieren, zusammenfassen: подводить

итоги какого-либо обсуждения, резюмировать.

суммируемая функция / summable function // summierbare Funktion: действительная функция $f(x)$ называется суммируемой на интервале (a, b) , если существует *интеграл Лебега* $\int_a^b f(x) dx$ (возможно, несобственный).

суперпозиция / superposition // Superposition f : в математике: суперпозиция, или композиция, функций — то же, что *сложная функция*. В физике: суперпозиция силовых полей — векторное сложение напряжённостей полей (гравитационного, электростатического), создаваемых несколькими источниками; суперпозиция двух или нескольких *колебаний* или *волн* — результат наложения (сложения) этих колебаний или волн; при этом колеблющаяся система совершает два движения одновременно. Пример: *фигуры Лиссажу*. Для линейных систем, т.е. систем, описываемых линейными уравнениями, справедлив принцип суперпозиции.

супрёмум / supremum // Supremum n : 1) супремум числового множества — то же, что *верхняя грань*; 2) супремум функции $f(x)$, принимающей на множестве D действительные значения, определяется как верхняя грань множества M значений этой функции на D : $\sup_{x \in D} f(x) = \sup M$. Другими словами, $\sup_{x \in D} f(x)$ — это наименьшее из всех чисел B таких, что $f(x) \leq B$, $x \in D$. Если такого наименьшего числа не существует, то говорят, что $\sup_{x \in D} f(x) = +\infty$; это означает, что функция не ограничена сверху. См. также *инфимум*.

существенно особая точка / essential singularity // wesentlich singuläre Stelle, wesentliche Singularität: в теории *аналитических функций*: пусть $f(z)$ — *регулярная функция* в *проколотой окрестности* точки $z_0 \neq \infty$, т.е. при $0 < |z - z_0| < r$. Если в окрестности z_0 разложение $f(z)$ в *ряд Лорана* содержит бесконечно много отрицательных степеней разности $(z - z_0)$, то z_0 называется существенно особой точкой (с.о.т.) функции $f(z)$. Точка $z_0 = \infty$ называется с.о.т., если ряд Лорана в её окрестности содержит бесконечно много положительных степеней z . Примеры: для функции $\sin \frac{1}{z}$ с.о.т. $z_0 = 0$, для функции e^z с.о.т. $z_0 = \infty$. Существенно особая точка характеризуется тем, что функция $f(z)$ не имеет в этой точке никакого предела — конечного или бесконечного. Теорема *Пикара*: для любого наперёд заданного числа b (за исключением, может быть, одного для данной функции), в любой окрестности с.о.т. найдётся точка z_b , в которой функция равна этому числу: $f(z_b) = b$. Для e^z такое исключительное «пикаровское» значение есть 0.

существование / existence // Existenz f : в математике: «теорема существования и единственности» / existence and uniqueness theorem // Existenz- und Eindeutigkeitssatz.

сфе́ра / sphere // Sphäre *f*: в геометрии: поверхность, состоящая из точек, равноудалённых от фиксированной точки, называемой центром сферы. Расстояние от центра до произвольной точки сферы называется радиусом сферы. В *декартовых координатах* x, y, z уравнение сферы радиуса R , с центром в точке (x_0, y_0, z_0) , имеет вид $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = R^2$. Площадь сферы: $S = 4\pi R^2$.

сфе́ра Рíмана: см. *стереографическая проекция*.

сфе́рическая волна́ / spherical wave // Kugelwelle *f*: волна, у которой каждая волновая поверхность (поверхность постоянной фазы) или каждый *волновой фронт* представляет собой *сферу*. В трёхмерном пространстве, заполненном однородной средой, волны, расходящиеся от неподвижного точечного источника, являются сферическими. Простейшим примером может служить гармоническая (синусоидальная) симметричная сферическая волна в среде без поглощения:

$$u(r, t) = A_0 \frac{r_0}{r} \sin \omega \left(t - \frac{r}{v} \right),$$

где r — расстояние от источника (центра сферической волны), ω — круговая частота колебаний, v — скорость распространения волн, A_0 — амплитуда на расстоянии r_0 от источника. Амплитуда сферической волны в среде без поглощения убывает обратно пропорционально расстоянию r от источника. Так как плотность потока энергии пропорциональна квадрату амплитуды колебаний, то через сферу любого радиуса волна переносит за единицу времени одинаковую энергию, что согласуется с законом сохранения энергии.

сфе́рические координáты / spherical coordinates // Polarkoordinaten *pl*, Kugelkoordinaten *pl*: для введения сферической системы координат в пространстве следует фиксировать какую-нибудь точку O (полюс), из полюса выпустить какой-нибудь луч OC (полярную ось) и какой-нибудь луч OA перпендикулярно полярной оси. Положение точки M в пространстве задаётся тремя сферическими координатами: r — расстояние от полюса до точки M , θ — угол между полярной осью и лучом OM , и ϕ — угол между лучом OA и плоскостью, проведённой через лучи OC и OM (угол отсчитывается против часовой стрелки, если смотреть из точки C в сторону полюса). Введём также систему *декартовых координат*: начало совместим с полюсом O , ось Ox направим по лучу OA , ось Oz по лучу OC , ось Oy перпендикулярно осям Ox и Oz (в такую сторону, чтобы получилась *правая система координат* $Oxyz$), тогда

$$x = r \cos \phi \sin \theta, \quad y = r \sin \phi \sin \theta, \quad z = r \cos \theta, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

сфе́рические фу́нкции / spherical functions // sphärische Funktionen: сферические функции возникают при *разделении переменных* в уравнении

Лапласа $\Delta u = 0$ в *сферических координатах*: пусть $u = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\phi)$, тогда получаются три уравнения:

$$\Phi'' + \mu\Phi = 0, \quad \Theta'' + \operatorname{ctg} \theta \cdot \Theta' + \left(\lambda - \frac{\mu}{\sin^2 \theta}\right) \Theta = 0, \quad R'' + \frac{2}{r}R' - \lambda R = 0.$$

Первое уравнение имеет 2π -периодические решения $\cos m\phi$ и $\sin m\phi$ при $\mu = m^2$, где $m = 0, 1, 2, \dots$. Второе уравнение после замены $x = \cos \theta$ приобретает вид присоединённого уравнения Лежандра $(1 - x^2)\frac{d^2}{dx^2}\Theta - 2x\frac{d}{dx}\Theta + \left(\lambda - \frac{m^2}{1-x^2}\right)\Theta = 0$. Решения, ограниченные при $x = \pm 1$, существуют только при $\lambda = n(n+1)$, где $n = 0, 1, 2, \dots$; такие решения суть *присоединённые функции Лежандра* $P_n^{(m)}(x)$, $m = 0, 1, \dots, n$. Сферической функцией порядка n называется выражение вида

$$Y_n(\theta, \phi) = \sum_{m=0}^n (A_m \cos m\phi + B_m \sin m\phi) P_n^{(m)}(\cos \theta),$$

где A_m и B_m — произвольные постоянные. См. также *шаровые функции*.

сферически симметричный / spherically symmetric // kugelsymmetrisch: функция $f(x, y, z)$ называется сферически симметричной, если она не меняется при любых поворотах *декартовой системы координат* $Oxyz$ вокруг начала координат O . Сферически симметричная функция фактически зависит лишь от расстояния точки $M(x, y, z)$ до начала координат: $f = \tilde{f}(r)$, $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

сфероид / spheroid // Sphäroid n : то же, что *эллипсоид вращения*.

схэма 1) scheme, plan, diagram // Schema n , Skizze f : план, эскиз, рисунок; 2) circuit // Schaltplan m , Schaltbild n [чертёж], Schaltung f [монтаж]: электрическая схема, радиосхема.

схэма Гёрнера, метод Горнера / Horner method // Horner-Schema n : способ вычисления неполного частного и остатка при *делении с остатком* полинома $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ на разность $x - a$. В результате деления получается равенство $P(x) = (x - a)Q(x) + r$, где $Q(x) = b_{n-1} x^{n-1} + \dots + b_1 x + b_0$ — неполное частное, r — остаток (по *теореме Безу*, $r = P(a)$). В методе Горнера коэффициенты полинома $Q(x)$ и число r вычисляются последовательно по формулам: $b_{n-1} = a_n$, $b_{n-2} = ab_{n-1} + a_{n-1}$, ..., $b_1 = ab_2 + a_1$, $b_0 = ab_1 + a_1$, $r = ab_0 + a_0$.

сходимость / convergence // Konvergenz f : в математике: сходимость *последовательности* — существование конечного *предела* последовательности; сходимость *ряда* — существование конечного предела частичных сумм; см. также *несобственный интеграл*.

сходимость в среднем, среднеквадратичная сходимость / convergence in the mean, convergence in square mean // Konvergenz im Mittel, Konvergenz im quadratischen Mittel: говорят, что последовательность функций $\{f_n(x)\}$, заданных на промежутке (a, b) , сходится к функции

$f(x)$ в среднеквадратичном, или в среднем, если $\int_a^b |f_n(x) - f(x)|^2 dx \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$. В частности, последовательность частичных сумм тригонометрического ряда Фурье для всякой функции $f(x)$ из гильбертова пространства $L_2[-\pi, \pi]$ сходится в среднем к функции $f(x)$.

схóдится / converges // konvergiert: в математике — высказывание «последовательность $\{x_n\}$ сходится к a » (the sequence $\{x_n\}$ converges to a // die Folge $\{x_n\}$ konvergiert gegen a) означает, что $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a$; «ряд $\sum_{n=1}^{\infty} x_n$ сходится к b » означает, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n x_k = b$.

схóдный / similar // ähnlich: похожий, аналогичный.

схóдство / resemblance, similarity, analogy // Ähnlichkeit f , Analogie f : похожесть, аналогия.

схóдящийся / convergent // konvergent: тот, который *сходится* (последовательность, ряд, несобственный интеграл).

сцёпленные óбласти / overlapping domains // überlappende Gebiete: в математике: две области, имеющие общую часть, например, круги $x^2 + y^2 < 4$ и $(x - 3)^2 + y^2 < 2$.

сцинтилля́ции / scintillations // Szintillationen *pl*: световые вспышки в люминофорах (например, кристаллах ZnS или NaI), возникающие под действием *альфа-частиц* и ионизирующих излучений. Визуальные наблюдения сцинтилляций под действием альфа-частиц и осколков деления атомных ядер были основным экспериментальным методом ядерной физики в начале XX века.

счёт 1) calculation, computation // Rechnen n : вычисление (на компьютере); 2) count // Zählen n : пересчитывание предметов; 3) account // Konto n : счёт в банке; 4) bill, account // Rechnung f : счёт за работу, товар; 5) score // Ergebnis n : число очков в игре.

счётное мнóжество / denumerable set // abzählbare Menge: бесконечное *множество*, все элементы которого можно «пересчитать», т.е. поставить данное множество во *взаимно однозначное соответствие* с множеством *натуральных чисел*. Выражение: « M — не более, чем счётное множество» означает, что M — конечное или счётное множество; иногда конечные множества также причисляют к счётным множествам. Примеры счётных множеств: множество *нечётных чисел*, множество *целых чисел*, множество *рациональных чисел*. Конечное или счётное множество счётных множеств счётно. Примеры несчётных (более, чем счётных) множеств: множество *иррациональных чисел*, множество точек отрезка $[0, 1]$, множество всех *подмножеств* счётного множества. См. также *мощность множества*.

счётно-аддитивная фúнкция / countably additive function // abzählbar additive Funktion: функция f , определённая на *сигма-алгебре* Σ подмножеств

множества M такая, что $f\left(\bigcup_{k=1}^{\infty} E_k\right) = \sum_{k=1}^{\infty} f(E_k)$ для любых непересекающихся множеств $E_1, E_2, \dots$ из Σ . Например, *мера Лебега* — счётно-аддитивная функция точечных множеств в евклидовом пространстве; *мера Жордана* является лишь конечно-аддитивной, но не счётно-аддитивной функцией таких множеств.

счётность / countability, denumerability // Abzählbarkeit f : счётность множества — его свойство быть *счётным множеством*.

счётный / countable // abzählbar: счётная совокупность, или счётное множество, — совокупность каких-либо объектов, которые можно «пересчитать», т.е. поставить во *взаимно однозначное соответствие* с последовательностью натуральных чисел $1, 2, 3, \dots$

счётчик / counter, meter, indicator // Zähler m : прибор, отсчитывающий какие-либо предметы, количество электроэнергии, газа и т.п. В программировании: переменная целого типа, которая при выполнении компьютером данной программы увеличивает своё значение на единицу каждый раз, когда выполняется какое-либо заранее заданное условие.

счётчик Гейгера / Geiger counter, Geiger tube // Geigerzähler m : газоразрядный детектор заряженных частиц. Величина импульса тока, возникающего при прохождении частицы через такой детектор, не зависит от энергии частицы.

счёты / abacus // Rechenbrett n : один из простейших счётных приборов.

считáть 1) calculate, compute // rechnen: вычислять; / 2) count // zählen: пересчитывать (какие-либо предметы): / 3) think, find, regard (as), consider // denken, glauben, meinen, halten für: иметь определённое мнение, полагать, думать.

сшивáть / match // anpassen: в математике: пусть для функции $f(x)$, непрерывной на отрезке $[a, b]$, имеется представление в виде формулы $f(x) = f_1(x)$ на одной части $[a, x_0]$ всего отрезка $[a, b]$, (где $x_0 \in (a, b)$), и имеется однопараметрическое семейство функций $f_2(x, C)$ на другой части $[x_0, b]$ этого отрезка, причём одна из функций семейства является представлением функции $f(x)$ на отрезке $[x_0, b]$. Сшить в точке x_0 два представления функции $f(x)$ на частичных отрезках — значит найти значение параметра C , при котором одно представление непрерывно переходит в другое в этой точке: $f_1(x_0) = f_2(x_0, C)$. В случае двухпараметрического семейства $f_2(x, C_1, C_2)$, при сшивании представлений накладывают ещё условие непрерывности производной.

сюръекция / surjection // Surjektion f : в математике: сюръекция, или сюръективное *отображение* множества A в множество B — отображение f такое, что $f(A) = B$. Это означает, что для любого элемента $y \in B$ найдётся (хотя бы один) элемент $x \in A$ такой, что $f(x) = y$. Вместо

« f сюръективно» говорят также « f есть отображение множества A на множество B ». Сюръекция множества A на A называется также перестановкой множества A .

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Т

таб́лица / table, list // *Tabelle f , Tafel f* : запись множества каких-либо данных, состоящая из строк (lines, rows // *Zeilen pl*) и столбцов, или колонок (columns // *Spalten pl*), причём в начале каждой строки и начале каждого столбца указан смысл данной строки или столбца. Таблицы часто применяются для записи ряда значений функции при соответствующих значениях аргумента, например, таблица $\sin x$ при $x = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots, 90^\circ$. «Таблица логарифмов» / *logarithm table* // *Tabelle der Logarithmusfunktion, Logarithmentafel f* /// «Прямоугольная таблица» / *rectangular array, matrix* // *Matrix f* : таблица, в которой целиком заполнены все строки и столбцы (в отличие, например, от треугольной таблицы). См. также *матрица*.

табу́лирование / tabulation // *Tabellierung f , Vertafelung f* : табулирование функции — вычисление значений функции в заданной последовательности точек и запись этих данных в виде *таблицы*.

такт 1) clock period, time // *Takt m* : один период ритмического во времени процесса, в частности, такт в нотной записи музыки; 2) stroke // *Takt m* : в технике: ход поршня в цилиндре; 3) tact // *Takt m* : деликатность, умение себя вести.

та́ллий / thallium // *Thallium n* : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Tl, номер 81)

та́нгенс / tangent // *Tangensfunktion f , Tangens m* : одна из *тригонометрических функций*. Тангенс острого угла $\alpha = \angle BAC$ в *прямоугольном треугольнике ABC* , в котором угол $\angle ACB$ — прямой, определяется как отношение длины a катета BC к длине b катета AC : $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$. При помощи *тригонометрического круга* понятие тангенса обобщается на произвольные *вещественные* значения α , кроме $\alpha = \pi(n + \frac{1}{2})$, $n \in \mathbb{Z}$ — в этих точках имеются бесконечные *разрывы* функции $\operatorname{tg} \alpha$.

тангенсо́ида / tangent curve, tangentoid // *Tangenskurve f , Tangensoide f* : график *тангенса* (как функции угла). Тангенсоида имеет вертикальные асимптоты при $x = \pi(n + \frac{1}{2})$, $n \in \mathbb{Z}$, т.е. в точках разрыва тангенса.

тангенциальное ускорение / tangential acceleration // Tangentialbeschleunigung f : составляющая *ускорения*, направленная по *касательной* к траектории движения. Тангенциальное ускорение характеризует быстроту изменения модуля *скорости*. Вектор тангенциального ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен вперёд по движению, если модуль скорости возрастает, и назад — если убывает. Модуль тангенциального ускорения равен производной модуля скорости по времени: $|a_\tau| = dv/dt$. Проекция тангенциального ускорения на направление касательной $a_\tau = dv_\tau/dt$.

тантáл / tantalum // Tantal n : металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Ta, номер 73)

та́уберовы теорéмы / Tauberian theorems // Taubersche Sätze: теоремы о рядах, устанавливающие условия, при которых из *суммируемости* ряда каким-нибудь методом следует сходимость ряда. Например, если ряд $\sum_{n=0}^{\infty} a_n$ суммируем *методом Абеля* к сумме S и $a_n = o(n^{-1})$, то ряд сходится к S .

тахио́н / tachyon // Tachyon n : гипотетическая частица, которая может двигаться только со скоростью, превышающей скорость света.

твёрдое тéло / rigid body, solid // Festkörper m : агрегатное состояние вещества, которое отличается стабильностью формы. Различают кристаллические и аморфные твёрдые тела. *Кристаллы* характеризуются пространственной периодичностью в расположении атомов (дальний порядок). *Аморфные вещества* с термодинамической точки зрения находятся в *метастабильном состоянии*, они представляют собой *переохлаждённые жидкости* с очень высокой вязкостью и с течением времени должны перейти в устойчивое кристаллическое состояние. Однако при низких температурах процесс кристаллизации может потребовать столь много времени, что переход в кристаллическое состояние практически не реализуется. Примером может служить аморфное кварцевое стекло, которое можно получить при быстром охлаждении расплава кварца. Все существующие вещества (за исключением жидкого гелия) при достаточно низкой температуре затвердевают. При достаточно высокой температуре все твёрдые тела плавятся или возгоняются. Подводимая к телу в процессе плавления теплота тратится на разрыв межатомных связей.

Свойства твёрдого тела можно объяснить на основе знания его атомно-молекулярного строения и законов движения составляющих его атомных частиц. В частности, можно чисто теоретически доказать, что существует 230 возможных вариантов упорядоченного расположения частиц в кристаллах — так называемых пространственных групп симметрии, что было сделано в 1890–91 гг. русским кристаллографом Евграфом Степановичем Фёдоровым (1853–1919). Экспериментальное представление об упорядоченной дискретной структуре кристаллов было подтверждено открытием в 1912 г. немецким

физиком М. Лауэ (Max von Laue, 1879–1960) дифракции рентгеновских лучей, для которых кристалл представляет собой трёхмерную *дифракционную решётку*.

По типам сил связи между атомами твёрдые тела делят на пять классов. 1) В ионных кристаллах (NaCl, KCl и др.) основную роль играют электростатические силы притяжения между ионами противоположных знаков, преобладающие над силами отталкивания одноимённых ионов. 2) В ковалентных кристаллах (алмаз, Si, Ge) валентные электроны соседних атомов попарно образуют направленные связи, и весь кристалл представляет собой как бы одну гигантскую молекулу. 3) В металлах связь атомов обусловлена коллективным взаимодействием подвижных обобществлённых внешних электронов с ионным остовом. 4) В молекулярных кристаллах (твёрдый аргон, твёрдый метан) молекулы или атомы связаны слабыми электромагнитными силами, обусловленными динамической поляризацией молекул (ван-дер-ваальсовы силы). 5) В кристаллах с водородными связями (лёд) каждый атом водорода связан силами притяжения одновременно с двумя атомами соседних молекул. Несмотря на многообразие сил связи, по своей природе это всегда проявления электромагнитного взаимодействия.

Различиями в характере сил связи обусловлено большое разнообразие механических, электрических, оптических, магнитных и др. свойств кристаллов, для объяснения которых необходимо представление о характере электронных состояний в кристаллах. Квантовомеханический подход показывает, что при соединении атомов в кристалл характерные для изолированных атомов дискретные *энергетические уровни* расширяются в зоны разрешённых значений энергии. Такой же вывод следует из решения задачи о движении электрона в периодическом поле кристаллической решётки. Зоны разрешённых энергий могут быть отделены одна от другой запрещёнными зонами, но могут и перекрываться.

При низких температурах электроны кристалла находятся в состояниях с наименьшей энергией. В силу *принципа Паули* в каждом квантовом состоянии может находиться только один электрон. Поэтому при $T = 0$ все нижние уровни энергии заполнены электронами вплоть до некоторой максимальной энергии, называемой энергией Ферми, а вышележащие уровни пусты. Если уровень Ферми проходит в пределах разрешённой зоны, т.е. верхняя из заполненных зон заполнена электронами лишь частично, то под действием внешнего электрического поля электроны этой зоны могут свободно перемещаться. Такие кристаллы с большой концентрацией свободных электронов — *металлы*. Если нижние зоны заполнены целиком, а вышележащая разрешённая зона пуста, то это *диэлектрик*, так как в таком кристалле отсутствуют свободные носители заряда. Если запрещённая зона, отделяющая верхнюю из заполненных зон (валентную зону) от

вышележащей разрешённой зоны (зоны проводимости) достаточно узкая, то в состоянии *статистического равновесия* при конечных температурах часть электронов валентной зоны будет заполнять состояния в зоне проводимости, т.е. в кристалле присутствуют коллективные возбуждения — квазичастицы, выполняющие роль свободных носителей заряда. Это электроны в зоне проводимости и *дырки* в валентной зоне, концентрация которых возрастает при повышении температуры. Такой кристалл представляет собой *полупроводник*.

Современная квантовая теория твёрдого тела в состоянии объяснить разнообразие наблюдаемых свойств кристаллов и предложить способы получения новых материалов с заданными свойствами. На достижениях физики твёрдого тела базируется вся современная микроэлектроника.

твёрдый / rigid, hard, firm // hart, fest, starr: с трудом поддающийся *деформации*, крепкий, жёсткий (в отличие от *мягкого*).

тексту́ра / texture // Textur *f*: преимущественная ориентация кристаллических зёрен в *поликристаллах* или молекул в *аморфных телах*, жидких кристаллах, полимерах, приводящая к *анизотропии* свойств материала. Текстура может образоваться под действием упругих напряжений, тепловых воздействий, электрических и магнитных полей и т.д., и при сочетании таких факторов.

текучесть / fluidity // Fluidität *f*: свойство вещества испытывать пластическую или вязкую *деформацию* под действием механических *напряжений*. Текучесть характеризуется величиной, обратной вязкости. У вязких тел (газов, жидкостей), способных принимать форму сосуда, текучесть проявляется при любых напряжениях, у пластичных твёрдых тел — лишь при достаточно высоких механических напряжениях, превышающих предел текучести.

телеви́дение [сокр: ТВ] / television [сокр: TV] // Fernsehen *n*, Television *f* [сокр: TV]: средство связи для передачи изображений предметов (движущихся или неподвижных) на расстояние с помощью радиоволн. Телевизионную технику называют также видеотехникой. Видеокамера, как и фотоаппарат, имеет объектив, который создаёт внутри камеры изображение снимаемого предмета. Камера преобразует изображение в последовательность импульсов, формирующих радиосигнал. Телепередатчик усиливает радиосигнал и посылает его в пространство (в «эфир»), а телеприёмники на местах улавливают его и преобразуют в видимое на экране телевизора изображение предмета. Параллельно с изображением передаётся звуковое сопровождение. Передачи ведутся в метровом диапазоне; дальность приёма обычно в пределах прямой видимости, но нередко случаи сверхдального приёма телепередач. Благодаря спутникам связи в настоящее время телевидение приобрело всепланетный характер.

телегра́ф / telegraph // Telegraf *m*: самое старое средство связи для передачи текстовых сообщений при помощи специальных сигналов — световых или электрических. Электрический телеграф изобретён в

первой половине 19-го века. Текст телеграммы печатают на телеграфном аппарате, который преобразует буквы в электрические сигналы и посылает их (по проводам или по радио) по нужному адресу; принимающий аппарат преобразует сигналы обратно в буквы и печатает их на бумажной ленте.

телеграфное уравнение / telegraph equation // Telegrafengleichung *f*: дифференциальное уравнение с частными производными

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial s^2} + (\alpha + \beta) \frac{\partial u}{\partial t} + \alpha \beta u = 0.$$

Этому уравнению удовлетворяет напряжение тока в проводе, рассматриваемое как функция времени t и расстояния s от некоторой фиксированной точки провода. Здесь c — скорость света, α — ёмкостный, β — индуктивный коэффициенты. Преобразованием $u = e^{(\alpha+\beta)t/2} v(x, y)$, $x = s + ct$, $y = s - ct$ телеграфное уравнение приводится к виду $\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \left(\frac{\alpha-\beta}{4c}\right)^2 v = 0$, решения которого могут быть найдены явно.

телеско́п / telescope // Teleskop *n*: оптический прибор (зрительная труба) для наблюдения удалённых предметов, в основном — небесных тел. В телескопах-рефракторах для формирования изображения используются линзы, в телекопах-рефлекторах — зеркально-линзовые оптические системы. Основное преимущество зеркальных систем — отсутствие хроматической аберрации, так как лучи всех длин волн отражаются зеркалом одинаково. Основная область применения телескопов — астрономия, в частности астрофизика.

телесный угол / solid angle // Raumwinkel *m*: часть пространства, ограниченная некоторой *конической поверхностью*, в частности, *трёхгранный угол* и *многогранный угол*. Вершина конической поверхности называется вершиной телесного угла. Телесный угол измеряют площадью той части сферы единичного радиуса с центром в вершине угла, которую коническая поверхность вырезает из этой сферы. Единицей измерения телесного угла служит *стерадиан*. Полной сфере соответствует телесный угол 4π (стерадианов). Один *октант* вырезает из полной сферы одну восьмую часть её площади, или $S_0 = \frac{1}{8} \cdot 4\pi = \pi/2$, поэтому телесный угол октанта равен $\pi/2$ (стерадианов). Телесный угол *прямого кругового конуса*, в осевом сечении которого плоский угол при вершине равен α , равен $2\pi(1 - \cos \frac{\alpha}{2})$.

телеуправлѐние / remote control // Fernsteuerung *f*: управление на расстоянии аппаратом, механизмом, прибором при помощи специальной системы передачи управляющих сигналов. Применяется в космической и военной отраслях, а также в быту и технике.

телефо́н / telephone // Telefon *n*: система связи для разговора двух (или более) корреспондентов, находящихся на большом расстоянии друг

от друга. Звуковые колебания преобразуются в электрические колебания, которые передаются по проводам или по радио. В настоящее время по телефонным линиям происходит также общение с системой *Интернет*. См. также *радиотелефон*.

теллур / tellurium // Tellur *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Te, номер 52)

тѐло 1) body, domain // Körper *m*: в геометрии — часть пространства, ограниченная замкнутой поверхностью; 2) body, solid // Körper *m*: в физике — отдельный предмет в пространстве, т.е. некоторое количество вещества, отделённое замкнутой поверхностью от окружающей среды. «Твёрдое тело» / solid; rigid body // fester Körper /// «Проблема трёх тел» / three-body problem // Dreikörperproblem *n* /// «Излучение чёрного тела» / black body radiation // Schwarzkörperstrahlung *f*, Hohlraumstrahlung *f*.

тѐло вращения / body of revolution [or: of rotation], solid of revolution [or: of rotation] // Drehkörper *m*, Rotationskörper *m*: тело, ограниченное замкнутой *поверхностью вращения*. Примеры тел вращения: *прямой круговой цилиндр, прямой круговой конус, шар, тор*. Всякое тело вращения обладает осевой симметрией относительно оси, при вращении вокруг которой получена поверхность вращения.

тембр / timbre // Klangfarbe *f*, Timbre *n*: характер звучания голоса или музыкального инструмента. Зависит от набора и соотношения амплитуд *обертонов*.

темнотá / darkness, dark // Dunkelheit *f*, Finsternis *f*: отсутствие (или очень малое количество) света.

темп / rate, speed, tempo // Tempo *n*: в спорте, музыке — скорость движения или частота следования повторяющихся движений.

температу́ра / temperature // Temperatur *f*: основная характеристика состояния *термодинамического равновесия* макроскопической системы. С точки зрения *статистической физики* температура пропорциональна средней кинетической энергии хаотического теплового движения частиц системы. Температура определяет распределение частиц системы по уровням энергии (см. *статистика Больцмана, статистика Бозе – Эйнштейна, статистика Ферми – Дирака*). Строго говоря, температура характеризует только состояние термодинамического равновесия, в котором она одинакова для всех частей системы, но в некоторых случаях можно говорить о различной температуре отдельных макроскопических частей, если эти части системы находятся в состоянии локального термодинамического равновесия.

температу́ра кипѐния / boiling temperature // Siedepunkt *m*: температура равновесного *фазового перехода* жидкости в пар при постоянном внешнем

давлении. При температуре кипения давление *насыщенного пара* над плоской поверхностью жидкости становится равным внешнему давлению на поверхность, вследствие чего по всему объёму жидкости образуются пузырьки насыщенного пара — происходит *кипение* жидкости.

температу́ра плавлéния / melting [or: fusion] temperature // Schmelzpunkt *m*: температура равновесного *фазового перехода* кристаллического твёрдого тела в жидкость при постоянном внешнем давлении. Плавление происходит при подводе теплоты, которая расходуется на разрыв молекулярных связей между атомами кристалла. Если отводить теплоту от жидкости, при той же температуре будет происходить затвердевание жидкости (кристаллизация). В этом случае температуру фазового перехода называют температурой замерзания (freezing point, freezing temperature // Gefrierpunkt *m*).

температу́рная шкала́ / temperature scale // Temperaturskala *f*: система сопоставимых значений температуры. Температуру невозможно измерить непосредственно; её значение определяют по температурному изменению какого-либо физического свойства термометрического вещества. Таким свойством может служить объём или давление газа, электрическое сопротивление, тепловое расширение жидкости и т.п. При построении эмпирической температурной шкалы двум фиксированным точкам, например, точке плавления льда и точке кипения воды, приписывают определённые значения температуры, а в промежутке между ними связь температуры с выбранным свойством предполагают линейной. Таким образом, температурная шкала представляет собой функциональную связь температуры с измеряемыми значениями термометрического свойства.

Принципиальный недостаток эмпирической температурной шкалы — зависимость от термометрического вещества — отсутствует у термодинамической (абсолютной) шкалы температур, основанной на *втором законе термодинамики*. Термодинамическая шкала (шкала Кельвина) имеет единицу температуры кельвин (К), совпадающую с единицей стоградусной шкалы Цельсия. Соотношение между температурами t_C° и T_K по шкалам Цельсия и Кельвина даётся выражением $T_K = t_C^\circ + 273,15 \text{ К}$.

тéнзор / tensor // Tensor *m*: обобщение понятия *вектора*. Тензорная величина, или тензор, в выбранной системе координат имеет представление в виде набора чисел, называемых компонентами тензора, причём при преобразованиях системы координат компоненты преобразуются по определённым правилам. Пусть в трёхмерном пространстве заданы две системы координат (вообще говоря, криволинейных): $(x) = (x^1, x^2, x^3)$ и $(y) = (y^1, y^2, y^3)$, взаимно-однозначно связанных непрерывно дифференцируемыми функциями $x^i = x^i(y^1, y^2, y^3)$, $y^i = y^i(x^1, x^2, x^3)$, $i = 1, 2, 3$. Тензором типа $(p, 0)$, или

$(p, 0)$ -тензором, называется объект, заданный в произвольной системе координат (x) набором чисел $T^{i_1 \dots i_p}$, который при замене переменных $(x) \leftrightarrow (y)$ преобразуется по следующему закону:

$$T^{i_1 \dots i_p} = \sum_{k_1, \dots, k_p=1}^3 \tilde{T}^{k_1 \dots k_p} \frac{\partial x^{i_1}}{\partial y^{k_1}} \dots \frac{\partial x^{i_p}}{\partial y^{k_p}}. \quad (*)$$

Числа $T^{i_1 \dots i_p}$ называются компонентами тензора T в координатной системе (x) , а числа $\tilde{T}^{k_1 \dots k_p}$ — компонентами в системе (y) . Тензор, компоненты которого преобразуются по формуле (*), называют p -контравариантным, или p раз контравариантным.

При работе с тензорами принято следующее правило *Эйнштейна* для сокращённой записи сумм выражений, содержащих индексы: по каждому индексу, встречающемуся дважды — один раз внизу, другой раз вверху — проводится суммирование по всему его диапазону, при этом знак суммы не пишется. Например, сумма $\sum_{k=1}^n a_k b^k$ коротко записывается в виде $a_k b^k$.

В общем случае закон преобразования компонент имеет вид

$$T_{j_1 \dots j_q}^{i_1 \dots i_p} = \tilde{T}_{l_1 \dots l_q}^{k_1 \dots k_p} \frac{\partial x^{i_1}}{\partial y^{k_1}} \dots \frac{\partial x^{i_p}}{\partial y^{k_p}} \frac{\partial y^{l_1}}{\partial x^{j_1}} \dots \frac{\partial y^{l_q}}{\partial x^{j_q}}. \quad (**)$$

(Формула записана с применением правила суммирования Эйнштейна). Тензор, компоненты которого преобразуются по правилу (**), называется тензором типа (p, q) , или (p, q) -тензором. При этом говорят, что он является p раз контравариантным и q раз ковариантным. Сумма $p + q$ называется рангом тензора.

Контравариантный вектор является 1-контравариантным тензором, т.е. тензором типа $(1, 0)$; *ковариантный* вектор — 1-ковариантным тензором, т.е. тензором типа $(0, 1)$. Другие примеры тензоров: *тензор деформаций*, *тензор напряжений*, *метрический тензор*.

Понятие тензора обобщается на случай n -мерного *евклидова пространства*.

тэнзор деформаций / strain tensor, deformation tensor // Verformungstensor m , Deformationstensor m : *тензор*, определяющий положение точек тела после *деформации* по отношению к их положению до деформации. Пусть вектор *смещений* $\vec{u}$ имеет компоненты u_1, u_2, u_3 в декартовой системе координат x^1, x^2, x^3 , тогда компоненты тензора деформации η вычисляются по формуле

$$\eta_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x^j} + \frac{\partial u_j}{\partial x^i} + \sum_{l=1}^3 \frac{\partial u_l}{\partial x^i} \frac{\partial u_l}{\partial x^j} \right), \quad i, j = 1, 2, 3. \quad (***)$$

Тензор деформации — симметричный дважды ковариантный тензор. Если деформации малы, то членами 2-го порядка можно пренебречь, и формула (***) упрощается: $\eta_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x^j} + \frac{\partial u_j}{\partial x^i} \right)$.

тэнзор напряжений / stress tensor // Spannungstensor m : *тензор* σ , характеризующий распределение внутренних напряжений в деформируемом теле. Компонента σ_j^i , $i, j = 1, 2, 3$ тензора напряжений в декартовой системе координат x_1, x_2, x_3 имеет физический смысл i -й компоненты силы, действующей на единичную площадку, перпендикулярную к оси Ox_j . Закон Гука в теории упругости, утверждающий линейную связь напряжений и малых деформаций, может быть записан в тензорном виде: $\sigma_j^i = H_j^{ikl} \eta_{kl}$. Числа H_j^{ikl} (тензор модулей упругости) задают тензорный коэффициент Гука.

тэнзорное исчисление / tensor calculus // Tensorrechnung f : раздел математики, изучающий *тензоры*. Тензорное исчисление разделяется на тензорную алгебру (изучающую алгебраические операции над тензорами) и тензорный анализ (изучающий дифференциальные операторы над тензорными полями). Термин «тензор» ещё с середины 19-го века употребляется в механике при описании упругих деформаций (см. *тензор деформаций* и *тензор напряжений*). С начала 20-го века аппарат тензорного исчисления систематически используется в *релятивистской* физике.

тень / shadow, shade // Schatten m : в физике — область пространства, куда из-за наличия препятствия не может проникать энергия распространяющейся волны (световой, радио, звуковой). В действительности благодаря *дифракции* в область тени всё же попадает некоторая доля энергии волн.

теорéма / theorem // Satz m , Lehrsatz m , Theorem n : утверждение, истинность которого установлена доказательством. В математике под термином «теорема» понимают утверждение, полученное как логическое следствие совокупности *аксиом*, взятых в качестве исходных утверждений. В физике теоремами называют некоторые законы, справедливость которых установлена исходя не прямо из эксперимента, а выведена математически из других физических законов.

теорéма А́беля / Abel theorem // Abelscher Satz: 1) Если *степенной* ряд $S(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n(z-a)^n$ (*), где c_n, a, z — *комплексные числа*, сходится при $z_0 \neq a$, то он абсолютно и равномерно сходится в любом замкнутом круге $|z-a| \leq \rho$, где $\rho < |z_0-a|$. Из этой теоремы следует существование *круга сходимости* у всякого степенного ряда.

2) Если степенной ряд (*) сходится в точке z_0 границы круга сходимости, то он представляет собой непрерывную функцию в любом замкнутом треугольнике T с вершинами z_0, z_1, z_2 , где точки z_1, z_2 лежат внутри

круга сходимости. Это означает, что $\lim_{z \rightarrow z_0, z \in T} S(z) = S(z_0)$. В частности, этот предельный переход можно сделать по радиусу.

теорéма Безу́ / Bezout theorem // Bezoutscher Satz m : При делении (с остатком) *полинома* $P(x)$ на разность $(x - a)$ остаток равен $P(a)$.

теорéма Берну́лли / Bernoulli theorem // Bernoullischer Grenzwertsatz: в *теории вероятностей* — то же, что *закон больших чисел*.

теорéма Вейерштрáсса / Weierstrass theorem // Satz von Weierstraß: 1) О *непрерывных функциях*. Пусть *вещественная* функция $f(x)$ непрерывна на замкнутом отрезке $I = [a, b]$, тогда:

а) эта функция ограничена на отрезке I , т.е. существует постоянное число C такое, что $|f(x)| \leq C$ при всех $x \in I$;

б) эта функция достигает свою нижнюю и свою верхнюю грань, т.е. найдётся точка $x_* \in I$ такая, что $f(x_*) = \inf_{x \in I} f(x)$, а также точка $x^* \in I$ такая, что $f(x^*) = \sup_{x \in I} f(x)$ (здесь $\inf$ — *инфимум*, $\sup$ — *супремум* функции);

в) для любого положительного числа ϵ найдётся *полином* $P(x)$ такой, что $|f(x) - P(x)| \leq \epsilon$, $x \in I$.

2) О *функциональных рядах*. Числовой ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ называется мажорантным рядом на множестве D для функционального ряда $\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x)$, если $|u_n(x)| \leq b_n$ при всех $x \in D$. Теорема: Если мажорантный ряд сходится, то функциональный ряд *равномерно сходится* при $x \in D$.

теорéма вы́четов, теорема о вычетах / Cauchy residue theorem, residue theorem // Residuensatz m : Пусть функция $f(z)$ *комплексного переменного* z в *односвязной области* D регулярна за исключением конечного числа особых точек, и пусть γ — простой замкнутый контур в D , на котором нет особых точек функции. Тогда интеграл от $f(z)$ по γ в положительном направлении выражается через сумму вычетов в особых точках $a_1, \dots, a_n$ функции, расположенных внутри контура:
$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum_{k=1}^n \operatorname{res}_{a_k} f(z).$$

теорéма Га́усса, теорéма Га́усса–Остроградского / divergence theorem, Green theorem, Ostrogradsky theorem, integral theorem of Gauss // Gaußscher Satz der Integralrechnung, Satz von Gauß, Satz von Ostrogradski: Пусть гладкая замкнутая поверхность S ограничивает в пространстве тело D , x, y, z — *декартовы координаты*, числа $\cos \alpha$, $\cos \beta$, $\cos \gamma$ — *направляющие косинусы* внешней нормали $\vec{n}$ к поверхности S , и пусть компоненты A_x, A_y, A_z вектора $\vec{A}$ — функции переменных x, y, z , непрерывные вместе с частными производными 1-го порядка. Тогда справедлива формула Гаусса–Остроградского, связывающая *поверхностный интеграл* 1-го рода от проекции A_n вектора $\vec{A}$ на нормаль n и тройной интеграл от *дивергенции*

$\operatorname{div} \vec{A}$:

$$\iint_S A_n dS = \iiint_D \operatorname{div} \vec{A} dx dy dz, \quad (**)$$

где $A_n = A_x \cos \alpha + A_y \cos \beta + A_z \cos \gamma$, $\operatorname{div} \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$.

Замечание. Поверхностный интеграл 1-го рода в формуле (**) (называемый потоком вектора $\vec{A}$ через поверхность S в сторону $\vec{n}$) можно записать в виде поверхностного интеграла 2-го рода по внешней стороне S^+ поверхности S :

$$\iint_S A_n dS = \iint_{S^+} A_x dy dz + A_y dz dx + A_z dx dy.$$

В *электростатике* теоремой Гаусса называют утверждение о том, что поток вектора электрической индукции через замкнутую поверхность определяется полным зарядом, находящимся внутри этой поверхности. Дифференциальная форма этого утверждения $\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho$ (СГС) или $\operatorname{div} \vec{D} = \rho/\varepsilon_0$ (СИ), где ρ — объёмная плотность электрических зарядов, ε_0 — *электрическая постоянная*, входит в состав *уравнений Максвелла* — основных законов электродинамики.

теорéма Гёделя / Gödel theorem // Gödelscher Satz: теорема Гёделя о неполноте — общее название установленных в 1931 г. К.Гёделем (Kurt Gödel, 1906–1978) двух теорем. Первая теорема утверждает, что в любой непротиворечивой *формальной системе*, содержащей минимум арифметики (+, ×, знаки $\forall$, $\exists$ и обычные правила обращения с ними) найдется формально неразрешимое суждение, т.е. такая замкнутая формула A , что ни A , ни $\neg A$ не являются выводимыми в системе. Вторая теорема утверждает, что при выполнении естественных дополнительных условий в качестве такого суждения можно взять утверждение о непротиворечивости данной системы.

теорéма Дирихлэ / Dirichlet theorem // Satz von Dirichlet: Пусть функция $f(x)$ удовлетворяет *условиям Дирихле* на промежутке $(-\pi, \pi)$, тогда *ряд Фурье* функции $f(x)$ сходится во всех точках интервала $(-\pi, \pi)$, при этом сумма ряда в каждой точке непрерывности функции $f(x)$ равна значению функции в этой точке, а в каждой точке x_0 разрыва функции сумма ряда Фурье равна полусумме левого и правого пределов функции: $S(x_0) = \frac{1}{2}(f(x_0 - 0) + f(x_0 + 0))$. Аналогичное утверждение справедливо и для промежутка вида (a, b) .

теорéма Жордана / Jordan separation theorem // Jordanscher Kurvensatz: Всякая простая *замкнутая кривая* на плоскости разбивает плоскость на две *области* — ограниченную и неограниченную, и является их общей границей. (Кривая называется простой, если она не имеет *самопересечений*).

теорéма Ирншоу / Earnshaw theorem // Satz von Earnshaw: одна из основных теорем электростатики, согласно которой система покоящихся точечных зарядов, находящихся на конечном расстоянии друг от друга,

не может быть устойчивой под действием только электростатических сил. Доказательство основано на том, что *потенциальная энергия* статической системы зарядов не может иметь минимума. В истории физики теорема Ирншоу сыграла заметную роль, так как из неё следует невозможность построения атома из неподвижных электрических зарядов.

теорéма Кáнтора / Cantor theorem // Cantorscher Satz: 1) Всякая функция, *непрерывная* на отрезке, *равномерно непрерывна* на этом отрезке. Аналогичное утверждение справедливо для всякой функции нескольких переменных, непрерывной в замкнутой области.

2) Множество, состоящее из всех *подмножеств* любого непустого множества A , не *равномощно* ни самому множеству A , ни какому-либо его подмножеству.

теорéма Карнó / Carnot theorem // Carnotscher Satz: Коэффициент полезного действия любой обратимой тепловой машины, совершающей механическую работу за счёт двух тепловых резервуаров с разными температурами, т.е. выполняющей *цикл Карно*, не зависит от природы рабочего тела, а определяется только абсолютными температурами: T_1 — нагревателя и T_2 — холодильника: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.

теорéма кáтетов, теорема Евклида / Euclid theorem // Euklidischer Lehrsatz, Kathetensatz m : Во всяком *прямоугольном треугольнике* квадрат катета равен произведению гипотенузы на длину проекции этого катета на гипотенузу: $a^2 = cp$, $b^2 = cq$. Отсюда сразу следует *теорема Пифагора*: $a^2 + b^2 = c(p + q) = c^2$.

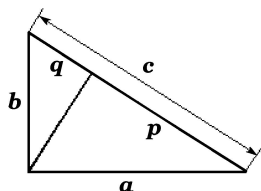


Рис. 164: Теорема катетов

теорéма Кош́и / Cauchy theorem // Satz von Cauchy: 1) О существовании *корня*: Если *непрерывная* вещественная функция $f(x)$ меняет знак на отрезке $[a, b]$ (т.е. $f(a)f(b) < 0$), то внутри этого отрезка существует хотя бы один корень функции, т.е. точка x_0 такая, что $f(x_0) = 0$, $a < x_0 < b$.

Эта теорема часто применяется для приближённого нахождения действительных корней уравнения вида $f(x) = 0$, см. *метод половинного деления*.

2) О *регулярных функциях*: Если функция $f(z)$ *комплексного переменного* z регулярна в *односвязной области* D , то интеграл от этой функции

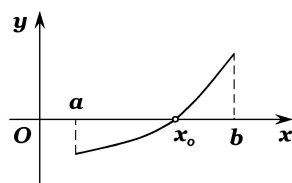


Рис. 165: Теорема Коши

по любому замкнутому контуру γ , лежащему внутри области D , равен нулю: $\oint_{\gamma} f(z) dz = 0$.

теорéма Крóнекера–Капéлли / Kronecker–Capelli theorem // Kriterium für die Lösbarkeit eines Linearen Gleichungssystems: необходимое и достаточное условие существования решения *системы линейных алгебраических уравнений*.

теорéма Лапласа, теорема Муавра–Лапласа / Moivre-Laplace limit theorem // Grenzwertsatz von de Moivre-Laplace: в *теории вероятностей*: Пусть производится n независимых испытаний, при каждом из них вероятность появления события A равна p , и пусть S_n — число появлений события A . Тогда при $n \rightarrow \infty$ для любых действительных чисел a и b имеет место утверждение:

$$P\left(a < \frac{S_n - np}{\sqrt{np(1-p)}} < b\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-x^2/2} dx.$$

Теорема Лапласа относится к т.н. *предельным теоремам* теории вероятностей; см. также *закон больших чисел*.

теорéма Лиувíлля / Liouville theorem // Satz von Liouville: Если функция $f(z)$ *комплексного переменного* z регулярна и ограничена при всех комплексных $z \in \mathbf{C}$, т.е. $|f(z)| \leq M$, $z \in \mathbf{C}$, где M — некоторое постоянное число, то она является постоянной: $f(z) \equiv \text{Const}$.

теорéма Морéра / Morera theorem // Satz von Morera: Пусть функция $f(z)$ *комплексного переменного* z непрерывна в *односвязной области* D . Если интеграл $\oint_{\gamma} f(z) dz$ по любому замкнутому контуру γ , лежащему в D , равен нулю, то функция $f(z)$ *регулярна* в D .

теорéма Нёрнста, третье начало термодинамики / Nernst heat theorem // Nernstscher Wärmesatz, dritter Hauptsatz der Thermodynamik: сформулированное в 1906 г. немецким физиком В. Нернстом (Walther Hermann Nernst, 1864–1941) утверждение о том, что при помощи конечной

последовательности термодинамических процессов нельзя достичь температуры, равной абсолютному нулю.

теорема о неподвижной точке / fixed point theorem // Fixpunktsatz *m*: 1) Принцип сжимающих отображений. Пусть X — полное метрическое пространство и оператор F таков, что для некоторого числа $q \in (0, 1)$ и любых $x, y \in X$ имеет место неравенство $\rho(F(x), F(y)) \leq q \cdot \rho(x, y)$. Тогда существует в точности одна неподвижная точка x^* оператора F (т.е. $F(x^*) = x^*$), и эта точка может быть получена как предел последовательности приближений $x_n = F(x_{n-1})$, $n = 1, 2, \dots$, с произвольно выбранным $x_0 \in X$.

Теорема имеет важное значение, в частности, в *вычислительной математике*, поскольку многие приближённые методы сводятся к вычислению последовательных приближений, сходящихся к точному решению в силу принципа сжимающих отображений.

2) Принцип Шаудера: Пусть X — банахово пространство и вполне непрерывный оператор F отображает ограниченное выпуклое замкнутое множество $M \subset X$ в себя, $F(M) \subseteq M$. Тогда в M существует хотя бы одна неподвижная точка оператора F . (Множество M банахова пространства называется ограниченным, если $\|x\| \leq C$ для любых $x \in M$; выпуклым, если вместе с любыми двумя точками $x, y \in M$ все точки вида $\alpha x + (1 - \alpha)y$, $0 < \alpha < 1$, также принадлежат M ; замкнутым, если все *предельные точки* множества M принадлежат этому множеству).

теорема о проекции / projection theorem // Projektionssatz *m*: Пусть X — евклидово пространство, M — подпространство пространства X , $M^\perp$ — ортогональное дополнение подпространства M , тогда любой вектор $\vec{x} \in X$ может быть представлен (и притом единственным образом) в виде суммы $\vec{x} = \vec{x}_M + \vec{x}_{M^\perp}$, где $x_M \in M$, $x_{M^\perp} \in M^\perp$. Вектор $\vec{x}_M$ называется (ортогональной) проекцией $\vec{x}$ на M , вектор $\vec{x}_{M^\perp}$ — ортогональной составляющей вектора $\vec{x}$. Теорема обобщается на *гильбертовы пространства*.

теорема о среднем для интегралов / mean value theorem for integrals // Mittelwertsatz der Integralrechnung: 1) Об *определённых интегралах* от действительных функций на конечном отрезке.

а) 1-я теорема о среднем: Пусть $f(x)$ — функция, *непрерывная* на отрезке $[a, b]$. Тогда внутри интервала (a, b) существует хотя бы одна точка ξ такая, что

$$\int_a^b f(x) dx = f(\xi)(b - a), \quad a < \xi < b.$$

б) Обобщённая 1-я теорема о среднем. Пусть $f(x)$ и $g(x)$ — функции, непрерывные на отрезке $[a, b]$, причём $g(x) \geq 0$ или $g(x) \leq 0$. Тогда

внутри интервала (a, b) существует хотя бы одна точка ξ такая, что

$$\int_a^b f(x)g(x) dx = f(\xi) \int_a^b g(x) dx, \quad a < \xi < b.$$

Аналогичные утверждения справедливы для двойных и кратных интегралов, а также для криволинейных и поверхностных интегралов 1-го рода.

в) 2-я теорема о среднем: Пусть $f(x)$ на отрезке $[a, b]$ — *монотонная* ограниченная функция с конечным числом *точек разрыва*, $g(x)$ — *непрерывная функция*. Тогда внутри интервала (a, b) существует хотя бы одна точка ξ такая, что

$$\int_a^b f(x)g(x) dx = f(a+0) \int_a^{\xi} g(x) dx + f(b-0) \int_{\xi}^b g(x) dx, \quad a < \xi < b.$$

2) О *комплексном интеграле*: Пусть D — *односвязная область* комплексной плоскости z , $f(z)$ — *регулярная функция* в D , z_0 — произвольная точка внутри D , $|z - z_0| = R$ — произвольная окружность с центром в точке z_0 , лежащая в D . Тогда значения функции в точках окружности и в её центре связаны равенством

$$f(z_0) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(z_0 + Re^{i\phi}) d\phi.$$

теорéма Пифагóра / Pythagoras theorem // Satz des Pythagoras, Pythagoreischer Lehrsatz: теорема, называемая именем *Пифагора*, утверждает, что в *прямоугольном треугольнике* квадрат гипотенузы c равен сумме квадратов катетов a и b : $c^2 = a^2 + b^2$. Справедливость утверждения теоремы была известна уже в древних Вавилоне, Шумерии, Египте и Индии за 2–3 тыс. лет до н.э. Первое из известных доказательств теоремы содержится в «Началах» *Евклида*.

теорéма Рíмана / Riemann theorem // Riemannscher Satz: 1) Об *условно сходящихся рядах*: Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ сходится условно, то его члены можно переставить в таком порядке, что сумма нового ряда будет равна любому заранее заданному числу или равна бесконечности (т.е. ряд будет расходиться к $+\infty$ или $-\infty$).

2) О *конформных отображениях*: Любая односвязная ограниченная область D комплексной плоскости z может быть конформно отображена на единичный круг $|w| < 1$ комплексной плоскости w , причём отображающая функция $w(z)$ единственна, если она удовлетворяет одному из трёх наборов условий:

а) заданная внутренняя точка z_0 области D отображается в заданную внутреннюю точку w_0 круга K и заданная точка z_1 границы области D отображается в заданную точку w_1 границы круга K ;

б) заданная внутренняя точка z_0 области D отображается в заданную внутреннюю точку w_0 круга K и аргумент производной отображающей функции в точке z_0 имеет заданное значение: $\arg w'(z_0) = \alpha_0$;

в) три заданные точки z_1, z_2, z_3 границы области D отображаются в три заданные точки w_1, w_2, w_3 границы круга, причём направление обхода границ одинаково.

теорéма Рóлля / Rolle theorem // Satz von Rolle: Пусть $f(x)$ — вещественная функция, непрерывная на отрезке $[a, b]$ и имеющая производную внутри интервала (a, b) . Если значения функции на концах отрезка равны: $f(a) = f(b)$, то внутри интервала (a, b) существует хотя бы одна точка x_0 , в которой производная функции обращается в нуль: $f'(x_0) = 0$. В частности, между каждыми двумя нулями дифференцируемой функции имеется хотя бы один нуль производной этой функции.

теорéма Рушé / Rouché theorem // Satz von Rouché: теорема в теории аналитических функций: пусть 1) функции $f(z)$ и $F(z)$ — регулярные в односвязной области D комплексной плоскости z ; 2) γ — простой замкнутый контур внутри области D ; 3) во всех точках контура выполняется неравенство $|f(z)| < |F(z)|$. Тогда внутри контура γ функции $F(z)$ и $F(z) + f(z)$ имеют одинаковое число нулей (каждый нуль учитывается столько раз, какова его кратность).

теорéма Стóкса / Stokes theorem // Satz von Stokes: Пусть простой замкнутый кусочно-гладкий контур C ограничивает гладкую двустороннюю поверхность S , x, y, z — декартовы координаты, числа $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ — направляющие косинусы вектора нормали $\vec{n}$ к поверхности S , компоненты A_x, A_y, A_z вектора $\vec{A}$ — функции переменных x, y, z , непрерывные вместе с частными производными 1-го порядка. Тогда справедлива формула Стокса, связывающая криволинейный интеграл 2-го рода от компонент вектора $\vec{A}$ и поверхностный интеграл 1-го рода от проекции $(\text{rot} \vec{A})_n$ ротора вектора $\vec{A}$ на нормаль к поверхности:

$$\oint_C A_x dx + A_y dy + A_z dz = \iint_S (\text{rot} \vec{A})_n dS. \quad (*)$$

Здесь $\vec{B}_n = B_x \cos \alpha + B_y \cos \beta + B_z \cos \gamma$, где $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$; контур C пробегается в таком направлении, что поверхность остаётся слева, а вектор $\vec{n}$ направлен в соответствии с *правилом буравчика* (движение по контуру видно из конца вектора $\vec{n}$ как вращение против часовой стрелки). В формуле (*) криволинейный интеграл называется циркуляцией вектора $\vec{A}$ по контуру

C , поверхностный интеграл — потоком ротора вектора $\vec{A}$ через поверхность S в направлении $\vec{n}$.

Замечание. Интеграл 1-го рода по поверхности S в формуле (*) можно записать в виде интеграла 2-го рода по стороне S^+ поверхности S , определяемой по правилу буравчика вектором $\vec{n}$:

$$\iint_S (\operatorname{rot} \vec{A})_n dS = \iint_{S^+} \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) dx dy + \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) dy dz + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) dz dx.$$

теорéма Фалéса, теорема о пересечении угла параллельными прямыми / intercept theorem // Strahlensatz m : Если стороны *угла* пересечены рядом *параллельных* прямых, то отрезки, отсекаемые прямыми на одной из сторон, пропорциональны отрезкам, отсекаемым на другой стороне:

$$\frac{OA_1}{OB_1} = \frac{A_1A_2}{B_1B_2} = \frac{A_2A_3}{B_2B_3} = \dots = \frac{A_{n-1}A_n}{B_{n-1}B_n}.$$

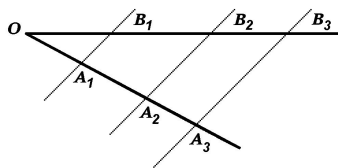


Рис. 166: Теорема Фалеса

теорéма Фермá / Fermat theorem // Fermatscher Satz: 1) О *производной* в точке *экстремума*: Если функция $f(x)$ в точке x_0 имеет экстремум и *дифференцируема* в этой точке, то производная функции в этой точке равна нулю: $f'(x_0) = 0$.

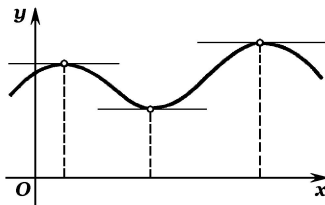


Рис. 167: Теорема Ферма

2) Об уравнении $x^n + y^n = z^n$: см. *великая теорема Ферма*.

теорéма Эйлера / Euler theorem // Satz von Euler:

1) Об однородных функциях: см. *однородные функции*.

2) О выпуклых многогранниках: Пусть *выпуклый многогранник* имеет G граней, R рёбер, V вершин, тогда справедливо равенство: $G+V = R+2$.

теорéмы Фредгóльма / Fredholm theorems // Fredholmsche Alternativsätze: теоремы о существовании и единственности решения *интегрального уравнения* Фредгóльма

$$y(x) = f(x) + \int_a^b K(x, \xi) y(\xi) d\xi. \quad (*)$$

Предполагается, что $f(x)$, $y(x)$ и ядро $K(x, \xi)$ — *непрерывные функции* при $x \in [a, b]$, $\xi \in [a, b]$, принимающие, вообще говоря, *комплексные значения*.

1) Однородное уравнение $(**)$ и однородное союзное уравнение $(***)$

$$u(x) = \int_a^b K(x, \xi) u(\xi) d\xi \quad (**), \quad v(x) = \int_a^b K(\xi, x) v(\xi) d\xi \quad (***)$$

оба имеют либо только тривиальные (т.е. тождественно равные нулю) решения, либо одинаковое конечное число *линейно независимых* решений $u_1(x), \dots, u_n(x)$; $v_1(x), \dots, v_n(x)$.

2) «Альтернатива Фредгóльма»: или неоднородное уравнение $(*)$ разрешимо при любой заданной функции $f(x)$, или соответствующее однородное уравнение $(**)$ имеет нетривиальные решения.

3) Если однородное уравнение имеет нетривиальные решения $u_1(x), \dots, u_n(x)$, то для существования решения неоднородного уравнения $(*)$ необходимо и достаточно, чтобы функция $f(x)$ была *ортогональна* ко всем решениям союзного уравнения: $\int_a^b f(x) v_k(x) dx = 0$, $k = 1, \dots, n$.

4) Однородное уравнение $u(x) = \lambda \int_a^b K(x, \xi) u(\xi) d\xi$ с (комплексным) числовым параметром λ может иметь конечное или *счётное множество* таких значений параметра $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ («характеристических чисел»), при которых существуют нетривиальные решения уравнения, и это множество может иметь *предельную точку* только на бесконечности.

Ограничения на функции $f(x)$ и $K(x, \xi)$ могут быть значительно ослаблены.

теорéтико-мнóжественный / set-theoretic // Mengenlehre=: связанный с *теорией множеств*. «Теоретико-множественный подход» — способ изучения проблем, основанный на понятиях и идеях теории множеств.

теорéтико-числово́й / number-theoretic // Zahlenlehre=: связанный с *теорией чисел*. «Теоретико-числовой подход» — способ изучения проблем, основанный на понятиях и идеях теории чисел.

теóрия / theory // Theorie f : в физике — согласованная система

понятий и идей, описывающая физическое явление или совокупность явлений, например, *теория относительности* — современная физическая теория пространства-времени. Физические теории проверяются и подтверждаются (или опровергаются) экспериментом. В математике — традиционное название некоторых областей математики, например, *теория множеств*, теория рядов Фурье, теория вероятностей.

теория аналитических функций / theory of analytical functions // Theorie der analytischen Funktionen: раздел математического анализа, изучающий *аналитические функции* комплексного переменного.

теория вероятностей / probability theory // Wahrscheinlichkeitsrechnung *f*: математическая наука, позволяющая по *вероятностям* одних случайных событий находить вероятности других случайных событий, связанных каким-либо образом с первыми. Простейшим примером случайного события служит выпадение герба (или выпадение цифры) при бросании симметричной монеты; вероятность такого события считают равной $1/2$.

Утверждение о том, что вероятность какого-либо события равна, например, $1/2$, ещё не представляет само по себе окончательной ценности, так как мы стремимся к достоверному знанию. Окончательную ценность имеют те результаты теории вероятностей, в которых утверждается, что вероятность наступления какого-либо события близка к 1 (или, что то же, вероятность его ненаступления близка к 0); такие события считают практически достоверными. Например, из *закона больших чисел* следует, что при многократном бросании монеты вероятность того, что герб появится приблизительно в 50% случаев, близка к 1, и тем ближе к 1, чем больше число бросаний.

Основные понятия теории вероятностей наиболее просто вводятся в т.н. элементарной теории вероятностей. В этой теории принято, что каждое испытание заканчивается одним из возможных результатов $\omega_1, \dots, \omega_n$, называемых также исходами или *элементарными событиями*; множество элементарных событий обозначают Ω . С каждым элементарным событием $\omega_k \in \Omega$ связывается его вероятность p_k — неотрицательное число, причём $p_1 + \dots + p_n = 1$. Подмножества множества Ω называются событиями. Событие A , состоящее из элементарных событий $\omega_i, \omega_j, \dots, \omega_k$, определяется как событие, заключающееся в том, что произошло хотя бы одно из $\omega_i, \omega_j, \dots, \omega_k$, при этом вероятность $P(A)$ события A полагают равной сумме $p_i + p_j + \dots + p_k$; элементарные события, из которых состоит событие A , называются благоприятными для этого события. Частный случай: если $p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1/n$ и событие A состоит из m элементарных событий, то $P(A) = m/n$. Пример: при одновременном бросании двух одинаковых монет возможны 4 элементарных события: $\omega_1 = (0; 0)$, $\omega_2 = (0; 1)$, $\omega_3 = (1; 0)$, $\omega_4 = (1; 1)$ (0 — выпадение герба, 1 — цифры), каждое с вероятностью $1/4$. Пусть событие A заключается в том, что

одна монета упадёт кверху гербом, а другая цифрой; этому событию благоприятствуют ω_2 и ω_3 , поэтому $P(A) = p_2 + p_3 = 1/4 + 1/4 = 1/2$.

Сумма (или объединение) событий A и B — событие, состоящее в том, что произошло хотя бы одно из событий A и B ; обозначение: $A + B$ или $A \cup B$. Произведение (или пересечение, или совмещение) событий A и B — событие, состоящее в том, что произошли оба события A и B ; обозначение: AB или $A \cap B$. Сумма (произведение) событий аналогична объединению (пересечению) множеств. Событие $\bar{A}$, противоположное событию A , состоит в неоявлении события A ; при этом $P(A) + P(\bar{A}) = 1$. События A и B называются несовместными, если они не могут произойти одновременно; произведение несовместных событий имеет нулевую вероятность: $P(AB) = 0$. Теорема: $P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB)$. Следствие: если события $A_1, \dots, A_j$ попарно несовместны, то $P(A_1 + \dots + A_j) = P(A_1) + \dots + P(A_j)$.

Условная вероятность $P(B|A)$ события B при условии A определяется формулой $P(B|A) = P(AB)/P(A)$. Событие A называется независимым от B , если $P(B|A) = P(B)$. Имеют место утверждения: если B независимо от A , то A независимо от B ; если A и B независимы, то $P(AB) = P(A)P(B)$. Пример: какова вероятность того, что при трёхкратном бросании монеты все три раза выпадет герб? Считая, что испытания независимы, получаем ответ: $(\frac{1}{2})^3 = 1/8$. См. также: *формула полной вероятности* и *формула Байеса*.

Большой интерес в теории вероятностей представляет круг вопросов, связанных с последовательностями испытаний, см. *предельная теорема*. Теория вероятностей тесно связана с *математической статистикой*.

Современная теория вероятностей базируется на определении вероятности в аксиоматике *Колмогорова*, см. *вероятностное пространство*. См. также *случайная величина*.

теория возмущений / perturbation theory // Störungsrechnung f : метод приближённого решения уравнений, содержащих какие-либо малые параметры. При математическом исследовании моделей физических систем теория возмущений используется в тех случаях, когда некоторое воздействие на систему может считаться малым.

Метод теории возмущений состоит в том, что сначала находится решение уравнений для «невозмущённой» системы, а затем с помощью этого решения вычисляются поправки, вносимые возмущением. Решение первого приближения можно использовать для нахождения следующей поправки — второго приближения, и т.д. Иначе этот подход называют методом последовательных приближений. Когда возмущение действительно мало, каждый последующий член ряда последовательных приближений много меньше предыдущего, и потому можно ограничиться несколькими первыми поправками.

Исторически теория возмущений сначала применялась в небесной механике для приближённого решения *задачи трёх тел*. Роль невозмущённого движения здесь играет точное решение *задачи Кеплера* для двух тел, а влияние третьего тела рассматривается как малое возмущение. В квантовой механике теория возмущений используется для приближённого решения *уравнения Шрёдингера* в тех случаях, когда взаимодействие можно разбить на две части: основную, почти полностью определяющую состояние системы, и относительно менее существенную, приводящую лишь к небольшому изменению этого состояния. Например, в задаче об атоме водорода во внешнем электрическом поле, значительно более слабом, чем кулоновское поле ядра (эффект Штарка), в нулевом приближении внешним полем пренебрегают и находят волновые функции и уровни энергии для невозмущённого атома. Затем с помощью невозмущённых волновых функций находят поправки к уровням энергии, обусловленные действием внешнего поля. Особое значение теория возмущений приобрела в квантовой теории электромагнитного поля для вычисления амплитуд различных процессов, где она приводит к результатам, хорошо согласующимся с опытом.

те́ория волн / theory of waves // Wellentheorie *f*: см. *теория колебаний и волн*.

тео́рия Га́мильтона–Яко́би: см. *уравнение Гамильтона–Якоби*.

тео́рия игр / theory of games, game theory // Spieltheorie *f*: теория математических моделей принятия оптимальных решений в условиях конфликтов. Под конфликтом понимают явление, применительно к которому можно говорить, кто и как в этом явлении участвует, какие у него могут быть исходы, и кто и как в этих исходах заинтересован. Для задания конфликта указывают: 1) множество участвующих в нём действующих начал (называемых коалициями действия); 2) множества стратегий для каждой из коалиций действия; 3) множество ситуаций; 4) множество заинтересованных начал (называемых коалициями интересов); 5) семейства *бинарных отношений*, выражающих предпочтения между ситуациями для коалиций интересов. Игрой называется система, составленная из указанных объектов. Игры с одной коалицией действия называют нестратегическими, с двумя и более — стратегическими. Основной класс стратегических игр составляют бескоалиционные игры, в которых множество игроков совпадает с множествами коалиций действия и коалиций интересов. Содержание теории игр состоит в установлении связей между компонентами каждой игры и оптимальными её исходами.

Теория игр зародилась в 17-м веке (*Паскаль*, *Ферма*) и далее развивалась в тесной связи с *теорией вероятностей*. Современная теория игр, включая её применение в экономике, связана главным образом с именем *фон Неймана*. В настоящее время теория игр — обширная область математики, имеющая,

кроме разнообразных связей с другими разделами математики, многочисленные приложения вне её. Они касаются главным образом тех отраслей знаний и видов практической деятельности, которые непосредственно связаны с конфликтами: военного дела, экономики, права и т.п.

те́ория колеба́ний и волн / theory of oscillations and waves // Oszillationentheorie und Wellentheorie *f*: область науки, занимающаяся исследованиями колебательных и волновых явлений в системах различной природы. В колебательных и волновых процессах разной природы обнаруживаются закономерности, описываемые одними и теми же математическими и физическими моделями, и такие процессы исследуются общими методами. Поэтому результаты, полученные при исследовании, например, механических колебаний, могут быть перенесены в радиотехнику и оптику. Основные разделы теории колебаний и волн — теория устойчивости, теория параметрических систем, теория автоколебаний и автоволн, теория ударных волн и солитонов, теория стохастических систем со сложной динамикой.

те́ория ма́ссового обслу́живания, теория очередей / queuing theory, waiting line theory // Bedienungstheorie *f*, Theorie der Warteschlangen: раздел *теории вероятностей*, изучающий математические модели разного рода реальных систем массового обслуживания. Одна из основных целей теории массового обслуживания состоит в выборе наиболее разумной организации систем массового обслуживания.

Система массового обслуживания — понятие, которое включает в себя случайный «входящий» поток требований (вызовов, клиентов), нуждающихся в обслуживании, и механизм (алгоритм), осуществляющий это обслуживание. Типичным примером таких систем являются автоматические телефонные станции, на которые случайным образом поступают требования — вызовы абонентов (входящий поток вызовов), а механизм обслуживания состоит из фиксированного числа каналов связи, каждый из которых остаётся занятым обслуживанием очередного вызова случайное время, равное длительности разговора. Если все каналы заняты, вызов получает отказ. Существует большое число разновидностей систем обслуживания (системы с очередями, многоканальные системы и т.п.).

те́ория мно́жеств / theory of sets // Mengenlehre *f*: раздел математики, изучающий *множества*.

те́ория опе́раторов / operator theory // Operatorentheorie *f*: раздел *функционального анализа*, изучающий *операторы*.

те́ория относительности / theory of relativity // Relativitätstheorie *f*: область теоретической физики, в которой рассматриваются универсальные пространственно-временные закономерности, справедливые для любых физических процессов, т.е. современная физическая теория пространства-времени. В частной (специальной) теории относительности, основы

которой были сформулированы А. Эйнштейном в 1905 г., рассматриваются свойства пространства-времени для физических условий, в которых можно пренебречь влиянием тяготения на эти свойства. В условиях сильных полей тяготения свойства пространства-времени описываются общей теорией относительности, или релятивистской теорией тяготения.

В основе частной теории относительности лежат два постулата — общие принципы, имеющие надёжные экспериментальные подтверждения. Это *принцип относительности*, утверждающий полное равноправие (эквивалентность) инерциальных систем отсчёта, распространённое на все без исключения явления, и принцип существования конечной *предельной скорости* распространения взаимодействий (которая равна скорости света в вакууме). Объединение этих постулатов в рамках физической теории требует радикального пересмотра классических представлений о пространстве и времени, согласно которым понятие одновременности событий является абсолютным, не зависящим от системы отсчёта, и абсолютными считаются также промежутки времени между событиями и пространственные расстояния между точками, в которых они произошли, т.е. по классическим представлениям эти величины не зависят от системы отсчёта, в которой они измеряются. Существование универсальной предельной скорости распространения взаимодействий означает отказ от абсолютного времени (относительность одновременности событий) и приводит к выводу о том, что для наблюдателя, относительно которого некоторая физическая система движется со скоростью v , все процессы в ней замедляются в $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ раз (замедление времени, см. *собственное время*), а все расстояния в направлении движения сокращаются во столько же раз (сокращение Лоренца-Фитцджеральда, см. *сокращение длины*).

Релятивистские представления о пространстве и времени требуют замены *преобразований Галилея* — классических формул преобразования координат и времени событий при переходе от одной системы отсчёта к другой, — релятивистскими *преобразованиями Лоренца*. Математическим выражением релятивистского принципа относительности является инвариантность уравнений, выражающих физические законы, относительно преобразований Лоренца. Согласно преобразованиям Лоренца, промежутки времени между событиями, как и пространственные расстояния между точками, в которых они произошли, относительны (зависят от системы отсчёта). Абсолютный характер имеет *пространственно-временной интервал* между событиями $s = \sqrt{c^2\Delta t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2}$ (т.е. «расстояние» между событиями в четырехмерном пространстве-времени — *пространстве Минковского*, характеризуемого псевдоевклидовой метрикой). Из преобразований Лоренца следует релятивистский *закон преобразования скорости* частицы при переходе в другую систему отсчёта, согласующийся с предельным характером

скорости света.

Теория относительности приводит к выводу о взаимосвязи массы и энергии ($E = mc^2$) и о существовании массы покоя тела. В ядерных реакциях и в процессах превращений элементарных частиц значительная часть энергии покоя может переходить в кинетическую энергию частиц. При $v \rightarrow c$ энергия тела стремится к бесконечности, поэтому скорость тела всегда меньше c , хотя при достаточно большой энергии может быть сколь угодно близка к c . Теория относительности подтверждена обширной совокупностью экспериментальных фактов, главным образом относящихся к взаимодействиям релятивистских элементарных частиц. Теория относительности лежит в основе всех современных теорий, рассматривающих явления при релятивистских скоростях.

теория ошибок, теория погрешностей / theory of errors // Fehlertheorie *f*: раздел *математической статистики*, посвящённый построению уточнённых выводов о численных значениях приближённо измеренных величин, а также об ошибках (погрешностях) измерений. Кроме ошибок, происходящих от ограниченной точности измерительного прибора, при измерении физической величины возникают ошибки, связанные с многочисленными небольшими воздействиями извне на измеряемый объект, из-за которых повторные измерения дают несколько различные значения. Ошибки подразделяются на систематические (неправильная установка прибора, влияние окружающей среды), грубые (неверное прочтение показаний прибора), и случайные (обусловленные множеством независимых слабых воздействий).

Пусть в результате измерений получены приближённые значения $x_1, \dots, x_n$ для измеряемой величины, точное значение x которой неизвестно; истинными ошибками измерений называются разности $\delta_1 = x_1 - x, \dots, \delta_n = x_n - x$. В теории ошибок эти величины рассматриваются как взаимно независимые и одинаково распределённые *случайные величины*, при этом измерения называются независимыми и равноточными. *Математическое ожидание* истинных ошибок $b = M(\delta_1) = \dots = M(\delta_n)$ называется систематической ошибкой, а разности $\delta_1 - b, \dots, \delta_n - b$ — случайными ошибками. В случае $b = 0$ величину $1/(\sigma\sqrt{2})$, где σ — квадратный корень из *дисперсии*, называют мерой точности; при $b \neq 0$ мера точности определяется формулой $1/\sqrt{2(\sigma^2 + b^2)}$.

В качестве приближения, или оценки, для x обычно берут среднее арифметическое: $x \approx \bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + \dots + x_n)$, а разности $\Delta_1 = x_1 - \bar{x}, \dots, \Delta_n = x_n - \bar{x}$ называют кажущимися ошибками. Выбор $\bar{x}$ в качестве приближения для x оправдан тем, что при достаточно большом числе n равноточных измерений, лишённых систематической ошибки, величина $\bar{x}$ с вероятностью, сколь угодно близкой к единице, сколь угодно мало отличается от x (см. *закон больших чисел*). Оценка $\bar{x}$ — несмещённая, т.е.

её математическое ожидание равно x . Для оценки дисперсии σ^2 отдельных измерений (если она неизвестна заранее) пользуются величиной $s^2 = \frac{1}{n-1}(\Delta_1^2 + \dots + \Delta_n^2)$; эта оценка несмещённая. См. также *доверительный интервал*.

теория упру́гости / elasticity theory // Elastizitätstheorie *f*: раздел механики, в котором изучаются деформации и напряжения, возникающие в упругих телах под действием нагрузки. Основной закон теории упругости, справедливый при сравнительно малых деформациях — обобщённый закон Гука, согласно которому деформации пропорциональны вызывающим их напряжениям, см. *тензор деформаций* и *тензор напряжений*.

теория чисел / number theory // Zahlentheorie *f*: область математики, изучающая свойства *целых чисел*, в частности, *простых чисел*.

теплó 1) то же, что *теплота*; 2) warm // warm: не холодно (наречие).

тепловáя маши́на / heat engine // Wärmemaschine *f*: в физике (в термодинамике) — машина, способная совершать полезную механическую работу за счёт теплоты, получаемой от горячего резервуара. Первый закон термодинамики, или *первое начало термодинамики*, запрещаая *вечный двигатель* первого рода, который совершал бы работу, не получая энергию извне, не исключает возможности создания такой машины, которая была бы способна превращать в работу всю подводимую к ней теплоту (так называемый вечный двигатель второго рода). Французский учёный С. Карно показал в 1824 г., что любая тепловая машина должна содержать помимо нагревателя (источника теплоты) и рабочего тела, совершающего циклический процесс (например, газа в цилиндре с подвижным поршнем), также и холодильник, т.е. тепловой резервуар с более низкой, чем у нагревателя, температурой. *Теорема Карно* утверждает, что коэффициент полезного действия любой обратимой тепловой машины, выполняющей *цикл Карно*, не зависит от природы рабочего тела, а определяется только абсолютными температурами: T_1 — нагревателя и T_2 — холодильника: $\eta = 1 - T_2/T_1$.

тепловóе излу́чение, температурное излучение / thermal radiation, heat radiation, heat emission // Wärmestrahlung *f*, Temperaturstrahlung *f*: электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счёт его внутренней энергии (в отличие, например, от *люминесценции*, возбуждаемой внешними источниками энергии). Тепловое излучение имеет *сплошной спектр* с распределением энергии, зависящим от температуры вещества. С повышением температуры возрастает полная энергия испускаемого излучения, а максимум энергии смещается в область более коротких длин волн. В условиях *термодинамического равновесия* все части системы имеют одинаковую температуру, и тепловое излучение, заполняющее некоторую полость и находящееся в равновесии с веществом, называется *равновесным*

излучением. Спектр равновесного излучения не зависит от природы вещества, с которым оно находится в равновесии, и определяется законом *Планка* (см. излучение *абсолютно чёрного тела*). Для теплового излучения нечёрных тел справедлив закон Кирхгофа, связывающий их испускательную и поглощательную способности с испускательной способностью абсолютно чёрного тела.

тепловое равновесие / thermal equilibrium // thermisches Gleichgewicht: то же, что *термодинамическое равновесие*.

тепловое расширение / thermal expansion, heat expansion // Wärmeausdehnung *f*: изменение размеров тела в процессе его нагревания. Количественно тепловое расширение при постоянном давлении p характеризуется изобарным коэффициентом объёмного расширения $\alpha = (\partial V / \partial T)_p / V$, где V — объём тела, $(\partial V / \partial T)_p$ — частная производная от объёма по температуре при постоянном давлении. Для большинства тел $\alpha > 0$, т.е. тела при нагревании расширяются, но есть исключения, например, вода при нагреве от 0 до 4 градусов Цельсия при атмосферном давлении сжимается, т.е. $\alpha < 0$. Для некоторых веществ в твёрдом состоянии (кварца, инвара и др.) коэффициент α мал и практически постоянен в широком интервале температур. Зависимость α от температуры наиболее заметна для газов; для идеального газа $\alpha = 1/T$. Тепловое расширение газов при постоянном давлении обусловлено увеличением с температурой кинетической энергии хаотического теплового движения. У твёрдых тел и жидкостей тепловое расширение связано с анизотропией тепловых колебаний атомов в несимметричной потенциальной яме, из-за чего средние межатомные расстояния возрастают с увеличением температуры. Для характеристики теплового расширения твёрдых тел наряду с α вводят коэффициент линейного теплового расширения α_l . Для изотропных тел $\alpha = 3\alpha_l$.

тепловой баланс / heat balance // Wärmebilanz *f*: при приведении в тепловой контакт тел с разной температурой, т.е. тел, не находящихся в состоянии *теплового равновесия* друг с другом, между ними происходит теплообмен. При этом в процессе установления теплового равновесия (при выравнивании температур тел) количество теплоты, получаемое телом с более низкой температурой, равно количеству теплоты, которое отдаёт тело с более высокой температурой, в соответствии с *первым началом термодинамики*. При расчётах конечной температуры системы это условие выражают с помощью так называемого уравнения теплового баланса, в котором учитывают также скрытую теплоту фазового перехода, т.е. *теплоту плавления* (затвердевания) или *теплоту парообразования* (конденсации), если соответствующий переход происходит в процессе установления равновесия (например, полное или частичное таяние льда при его контакте с телами, температура которых выше температуры

плавления льда).

тепловóй насос / heat pump // Wärmepumpe f : *тепловая машина*, рабочее тело которой совершает цикл в направлении, обратном по сравнению с циклом теплового двигателя; при этом назначение теплового насоса — за счёт совершения механической работы передать как можно большее количество теплоты резервуару с более высокой температурой (в качестве которого может быть, например, отапливаемое помещение), отнимая при этом некоторое количество теплоты от резервуара с более низкой температурой (например, от окружающей среды). Как следует из *второго начала термодинамики*, эффективность такого теплового насоса тем выше, чем меньше разность температур в помещении и окружающей среде, т.е. тем меньше требуется механической работы для «перекачки» одного и того же количества теплоты из окружающей среды в отапливаемое помещение.

тепловóй потóк / heat flow // Wärmestrom m : количество теплоты, передаваемое в единицу времени через некоторую поверхность при теплопередаче. Размерность теплового потока совпадает с размерностью мощности, т.е. он измеряется в ваттах. Тепловой поток через единицу площади называется плотностью теплового потока.

тепловóй шум / thermal noise // Wärmerauschen n : флуктуационные токи и напряжения, вызываемые хаотическим тепловым движением носителей заряда в проводниках. Тепловые шумы в чувствительных элементах ограничивают точность электрических измерительных приборов.

теплоёмкость / heat capacity // Wärmekapazität f : количество теплоты, поглощаемой телом при нагревании на один градус, точнее, отношение количества теплоты, поглощаемой телом при бесконечно малом изменении температуры, к этому изменению. Теплоёмкость единицы массы вещества называют удельной теплоёмкостью, а теплоёмкость единицы количества вещества (т.е. одного *моля*) — молярной теплоёмкостью. Теплоёмкость характеризует не только вещество, но и конкретный процесс, происходящий с этим веществом, так как количество поглощаемой телом теплоты зависит от способа, которым телу сообщается теплота. Обычно различают теплоёмкость при постоянном объёме c_V и теплоёмкость при постоянном давлении c_p . При нагревании при постоянном объёме вся подводимая теплота идёт на увеличение *внутренней энергии* тела, а при постоянном давлении часть подводимой теплоты идет на совершение механической работы при расширении тела; поэтому c_p всегда больше, чем c_V . В частности, для одного моля идеального газа $c_p = c_V + R$, где R — универсальная газовая постоянная.

Теоретическое вычисление теплоёмкости требует применения методов *статистической физики* и знания микроструктуры рассматриваемого вещества. Для газов вычисление теплоёмкости сводится к расчёту средней

энергии теплового движения отдельной молекулы. Согласно классической статистике (см. *распределение Больцмана*), на каждую степень свободы поступательного и вращательного движения молекулы при температуре T приходится в среднем $kT/2$ энергии, на каждую колебательную степень свободы приходится kT энергии (из них $kT/2$ кинетической энергии и столько же потенциальной); здесь k — *постоянная Больцмана*. Это утверждение называют классическим законом равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы. Отсюда следует, что для моля одноатомного газа, молекула которого имеет три поступательных степени свободы, теплоёмкость $c_V = \frac{3}{2}kN_A = \frac{3}{2}R$, что хорошо согласуется с опытом. Для двухатомного газа аналогичный расчёт по классической теории даёт для молярной теплоёмкости не зависящее от температуры значение $c_V = \frac{7}{2}R$, но опыт показывает, что при обычных температурах $c_V \approx \frac{5}{2}R$. Это расхождение связано с тем, что при вычислении энергии колебаний молекулы нужно учитывать квантовые эффекты, т.е. принимать во внимание дискретный характер *уровней энергии* квантового *осциллятора*, образующих эквидистантный спектр с расстоянием $\hbar\omega$ между соседними уровнями (ω — частота осциллятора). Пока температура ниже значения $\hbar\omega/k$, т.е. характерная энергия теплового движения меньше расстояния между колебательными уровнями энергии ($kT < \hbar\omega$), колебания атомов в молекуле «заморожены» и не вносят вклада в среднюю энергию молекулы и теплоёмкость газа, и только при более высоких температурах теплоёмкость принимает значение $c_V = \frac{7}{2}R$.

В кристаллических твёрдых телах тепловое движение представляет собой колебания атомов около положений равновесия, т.е. каждый атом обладает тремя колебательными степенями свободы, и согласно закону равномерного распределения, молярная теплоёмкость должна составлять $3nR$, где n — число атомов в молекуле. В действительности это значение — лишь предел, к которому стремится теплоёмкость при высоких температурах, и при обычных температурах достигается у металлов ($n = 1$) и некоторых простых соединений. При низких температурах необходимо принимать во внимание квантовый характер колебаний кристаллической решётки, рассматривая кванты возбуждений как газ квазичастиц — *фононов*, что приводит к кубической зависимости теплоёмкости твёрдого тела от температуры $c_V \sim T^3$.

В металлах определённый вклад в теплоёмкость дают также электроны проводимости. Этот вклад может быть вычислен с привлечением квантовой *статистики Ферми–Дирака*, которой подчиняются электроны. Вклад в электронную теплоёмкость вносят лишь электроны, занимающие состояния вблизи граничной энергии Ферми. Этот вклад пропорционален первой степени температуры и сравнительно мал. Он становится существенным только при температурах, близких к абсолютному нулю, когда решётчатая

теплоёмкость $c_V \sim T^3$ становится пренебрежимо малой.

теплоизоляция / thermal insulation // Wärmedämmung f : заключение тела в оболочку с низкой *теплопроводностью* для исключения или уменьшения его *теплообмена* с окружающей средой; также — сама эта оболочка.

теплообмѐн / heat exchange, heat transfer // Wärmeaustausch m : самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты, обусловленный градиентом (перепадом) температуры. Различают теплообмен путѐм *теплопроводности*, конвекции и лучеиспускания. Теплообмен сопровождает многие процессы в природе, технике и в быту. Теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их поверхность называют *теплопередачей*.

теплопереда́ча / heat transfer // Wärmeübertragung f : теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твёрдую стенку или поверхность раздела между ними. Интенсивность теплопередачи характеризуют коэффициентом теплопередачи, численно равным количеству теплоты, которое передаѐтся через единицу площади поверхности стенки в единицу времени при разности температур между теплоносителями в 1 К.

теплопрово́дность / heat conductivity, thermal conduction // Wärmeleitfähigkeit f : один из способов необратимого переноса теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий в замкнутой системе к выравниванию температуры (к установлению теплового равновесия). При теплопроводности перенос теплоты осуществляется путѐм непосредственной передачи энергии от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, частицам с меньшей энергией. Если относительное изменение температуры на расстоянии средней длины свободного пробега частиц мало, то плотность потока тепла $\vec{q}$ пропорциональна градиенту температуры (закон Фурье): $\vec{q} = -\lambda \text{grad } T$, где коэффициент теплопроводности λ зависит от состава и строения вещества, его температуры и т.д. Процесс теплопроводности в сплошной среде описывается *уравнением теплопроводности*.

В твёрдых диэлектриках перенос энергии теплового движения осуществляется *квазичастицами* — квантами колебаний кристаллической решѐтки (*фононами*). Теплопроводность металлов в основном определяется движением и взаимодействием свободных носителей тока — электронов проводимости.

теплота́ / heat // Wärme f : форма хаотического (теплового) движения образующих тело частиц (молекул, атомов, электронов и т.п.). Мерой теплоты служит количество теплоты Q , т.е. количество энергии теплового движения, получаемой или отдаваемой системой при *теплообмене*. Наряду с *работой* A количество теплоты даѐт меру изменения *внутренней энергии* U системы. При теплообмене внутренняя энергия системы изменяется в результате прямых взаимодействий (соударений) молекул системы с молекулами окружающих тел. В отличие от внутренней энергии U , представляющей

собой однозначную функцию параметров состояния системы, количество теплоты Q , как и работа A , является лишь одной из составляющих полного изменения внутренней энергии $\Delta U = U_2 - U_1$ в физическом процессе и не может быть представлено в виде разности значений какой-либо функции состояния системы. Передаваемое системе количество теплоты Q , как и работа A , зависит от того, каким способом система переходит из начального состояния в конечное. При этом количество теплоты Q связано с изменением ΔU внутренней энергии системы и работой A , совершаемой системой, *первым началом термодинамики*: $Q = \Delta U + A$.

теплота́ парообразования, теплота испарения / heat of vaporization // Verdampfungswärme f : теплота *фазового перехода* «жидкость→пар» — количество теплоты, которое необходимо сообщить веществу, чтобы перевести его из жидкого состояния в газообразное. Такое же количество теплоты выделяется при конденсации пара в жидкость при тех же значениях температуры и давления (теплота конденсации). Различают удельную (измеряется в Дж/кг) и молярную (Дж/моль) теплоту парообразования.

теплота́ плавлéния / heat of melting // Schmelzwärme f : теплота *фазового перехода* «твёрдое тело → жидкость» — количество теплоты, которое необходимо сообщить веществу, чтобы перевести его из твёрдого (кристаллического) состояния в жидкое. Такое же количество теплоты выделяется при кристаллизации вещества. Различают удельную (измеряется в Дж/кг) и молярную (Дж/моль) теплоту плавления.

теплота́ сгорáния, теплотворная способность, калорийность / heat of combustion, calorific value // Verbrennungswärme f , Brennwert m : количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании топлива. Теплота сгорания, отнесённая к единице массы или объёма, называется удельной теплотой сгорания. Теплота сгорания определяется химическим составом топлива.

терм / term // Term m , Glied n : в математике — языковое выражение, призванное обозначать объекты. Например, выражения 1 , $0 + 1$, $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$ являются различными термами, обозначающими один и тот же объект. Терм может содержать свободные переменные (параметры), фиксация которых однозначно определяет в соответствии с правилами языка значение терма при данных значениях свободных переменных. Так, если f — переменная, значениями которой являются действительные непрерывные функции, а a, b, x — действительные переменные, то выражение $\int_a^b f(x) dx$ является термом с параметрами a, b, f ; переменная x здесь связанная. Синтаксически термы характеризуются тем, что их можно подставлять вместо переменных в другие выражения языка — термы и формулы, получая при этом термы и формулы соответственно.

термíческий / thermal, thermic // thermisch: тепловой, связанный

с температурой, например, термический коэффициент расширения.

термодина́мика / thermodynamics // Thermodynamik *f*: наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии *термодинамического равновесия*, и о процессах перехода между этими состояниями. Термодинамика строится аксиоматически на основе фундаментальных принципов (начал термодинамики), которые являются обобщением многочисленных наблюдений и выполняются независимо от природы тел, образующих физическую систему. Поэтому устанавливаемые в термодинамике закономерности и соотношения между величинами имеют универсальный характер. Обоснование законов термодинамики и их связь с законами движения отдельных частиц, из которых построены тела, даётся *статистической физикой*.

Первое начало термодинамики утверждает энергетическую эквивалентность теплоты и работы как способов изменения *внутренней энергии* системы и представляет собой обобщение *закона сохранения энергии* на системы, в которых существенную роль играют тепловые процессы. *Второе начало термодинамики* отражает качественные различия между разными формами энергии в отношении возможностей их взаимного превращения, утверждая невозможность полного превращения энергии хаотического теплового движения в механическую энергию. *Третье начало термодинамики* утверждает, что *энтропия* всех тел в состоянии равновесия стремится к нулю по мере приближения температуры к абсолютному нулю.

Методами термодинамики устанавливаются связи между наблюдаемыми макроскопическими характеристиками физических систем (давлением, температурой, объёмом и др.) в различных термодинамических процессах. В термодинамике рассматриваются также условия фазового равновесия, в частности, равновесия между *агрегатными состояниями*. В термодинамике выделяют разделы, относящиеся к отдельным наукам (химическая термодинамика, техническая термодинамика) и к отдельным объектам исследования (термодинамика газов, жидкостей, растворов, диэлектриков, магнетиков, плазмы, излучения и т.д.).

термодинами́ческая систе́ма / thermodynamic system // thermodynamisches System: совокупность макроскопических тел, т.е. тел, состоящих из макроскопически большого числа частиц — атомов, молекул, ионов, электронов (порядка *постоянной Авогадро* $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль). Образующие систему тела могут взаимодействовать между собой и с другими телами, обмениваясь с ними энергией и веществом. В состоянии *термодинамического равновесия* такая система характеризуется небольшим числом *параметров состояния* — температурой, давлением, объёмом, плотностью и т.п. Связь между давлением, объёмом и температурой существует для каждой термодинамической системы и называется её *уравнением состояния*. Термодинамическая система

может быть физически однородной (гомогенной) и неоднородной (гетерогенной), состоящей из нескольких однородных частей. Изменение состояния термодинамической системы называется термодинамическим процессом.

термодинамическое равновесие / thermodynamic equilibrium // thermodynamisches Gleichgewicht: состояние *термодинамической системы*, в которое она самопроизвольно приходит через достаточно большой промежуток времени в условиях изоляции от окружающей среды. Переход системы в состояние равновесия называется *релаксацией*. При термодинамическом равновесии прекращаются все *необратимые процессы*, связанные с диссипацией энергии (теплопроводность, диффузия, химические реакции и др.), и параметры системы не изменяются со временем. Изоляция системы достигается при помощи неподвижных стенок, непроницаемых для вещества. Если стенки не проводят теплоты (сосуд Дьюара), то изоляция называется адиабатической. В состоянии равновесия *энтропия* адиабатически изолированной термодинамической системы максимальна. Если стенки не исключают теплового контакта с *термостатом* (большой системой с фиксированной температурой), то в состоянии равновесия система будет иметь температуру термостата.

термодиффузия / thermal diffusion // Thermodiffusion *f*: перенос компонент газовых смесей или растворов под действием *градиента* температуры. Если разность температур поддерживается неизменной, то в системе вследствие термодиффузии устанавливается градиент *концентрации*. Возникающая разность концентраций компонент может быть использована для *разделения изотопов*.

термометр / thermometer // Thermometer *n*: прибор для измерения *температуры* посредством контакта с исследуемой средой. Действие термометров основано на различных физических явлениях, зависящих от температуры: на *тепловом расширении* жидкостей, газов и твёрдых тел, изменении с температурой давления газа, электрического сопротивления, термоэдс и т.п. Наиболее распространены жидкостные и манометрические термометры, термометры сопротивления, термоэлектрические термометры (см. *термопара*), а также биметаллические термометры, действие которых основано на различии теплового расширения веществ, из которых изготовлены пластины их чувствительных элементов.

термопара / thermocouple // Thermopaar *n*: датчик температуры, состоящий из двух соединённых между собой разнородных проводящих элементов (обычно два проводника из различных металлов, спаянные друг с другом одним из концов). При нагревании спаянного места в цепи возникает *термоэдс*, величина которой однозначно определяется абсолютной температурой горячего и холодного контактов и природой материалов, применённых в качестве термоэлектродов. В этом заключается

эффект, открытый в 1821 г. немецким физиком Т. Зеебеком (Thomas Johann Seebeck, 1770–1831) и носящий его имя. Термопара применяется в технике для измерения температуры, а также как источник электрического тока. Обратный эффект выделения или поглощения теплоты при прохождении электрического тока через контакт двух разнородных проводников, открытый в 1834 г. французским физиком Ж. Пельтье (Jean Peltier, 1785–1845) — *эффект Пельтье* — применяется в холодильной технике и в некоторых электронных приборах.

термостат / thermostat // Thermostat *m*: в термодинамике термостатом обычно называют тепловой резервуар — большую макроскопическую систему, находящуюся в состоянии *термодинамического равновесия*. Тело, приведенное в тепловой контакт с термостатом, через достаточно большое время (время релаксации) в результате теплообмена с термостатом принимает его температуру. Термостат предполагается настолько большим, что его собственная температура при этом остаётся неизменной, либо специально поддерживается неизменной с помощью терморегуляторов, как это делается в специальных приборах, также называемых термостатами. В последнем случае для поддержания неизменной температуры используют также *фазовые переходы* (таяние льда, кипение воды и т.п.), происходящие при определённой температуре. Термостаты для поддержания низких температур называются криостатами.

тэрмоэдс / thermal electromotive force // Thermospannung *f*, Thermo-EMK *f*, thermoelektromotorische Kraft: электродвижущая сила, возникающая в электрической цепи, состоящей из нескольких разнородных проводников, контакты между которыми имеют различную температуру. Этот эффект открыт в 1821 г. немецким физиком Т. Зеебеком (Thomas Johann Seebeck, 1770–1831). Если вдоль проводника существует градиент температуры, то электроны на горячем конце имеют более высокие средние энергии и скорости. В результате возникает *диффузия* электронов от одного конца к другому, и на концах проводника накапливаются заряды противоположного знака, что создаёт объёмную термоэдс. Другие составляющие термоэдс связаны с температурной зависимостью контактной разности потенциалов и с эффектом увлечения электронов фононами. Число фононов, движущихся от горячего конца к холодному, больше, чем движущихся навстречу, поэтому в результате увлечения ими электронов на холодном конце накапливается отрицательный заряд. Величина и знак термоэдс в металлах зависят также от формы Ферми-поверхности, различные участки которой могут давать в термоэдс вклады противоположного знака.

Когда цепь состоит из двух различных проводников, она называется термоэлементом или *термопарой*.

термоэлектричество / thermoelectricity // Thermoelektrizität *f*: совокупность

физических явлений, обусловленных взаимосвязью между тепловыми и электрическими процессами в твёрдых проводниках. Причины термоэлектрических явлений заключаются в нарушении теплового равновесия в потоке носителей заряда. К термоэлектрическим явлениям относятся эффект Зеебека (см. *термоэдс*), *эффект Пельтье* и эффект Томсона — выделение или поглощение теплоты (помимо выделения джоулевой теплоты) в проводнике с током, вдоль которого имеется градиент температуры, — открытый в 1856 г. английским физиком В. Томсоном (William Thomson, Lord Kelvin, 1824–1907).

термоэлектрoнная эмиссия / thermionic emission // thermische Elektronenemission, Glühemission *f*: испускание электронов нагретыми телами в вакуум или другую среду. Выйти через поверхность могут только те электроны, энергия которых достаточна для преодоления *энергетического барьера*, т.е. для совершения *работы выхода*. Число таких электронов, в соответствии с *распределением Ферми–Дирака*, ничтожно мало при комнатных температурах и экспоненциально возрастает с температурой. Поэтому ток термоэлектронной эмиссии заметен только для тел, нагретых до высоких температур. При отсутствии электрического поля, вытягивающего электроны от испускающей их поверхности (эмиттера), вылетевшие электроны образуют вблизи эмиттера отрицательный *пространственный заряд*, ограничивающий ток термоэмиссии. При достаточно сильном поле пространственный заряд рассасывается и ток достигает насыщения. Термоэлектронная эмиссия лежит в основе работы термоэлектронных катодов, которые применяются во многих электровакуумных и газоразрядных приборах. См. также *электронная эмиссия*.

термоэлемент / thermoelement // Thermoelement *n*: см. *термопара*, *термоэдс*.

термоэффе́кт / thermoeffect // Seebeck-Effekt *m*: см. *термоэдс*, *термоэлектричество*.

термоядерные реáкции / thermonuclear reactions // thermonukleare Reaktionen: ядерные реакции между легкими атомными ядрами, протекающие при очень высоких температурах ($\sim 10^8$ К и выше). При таких высоких температурах кинетические энергии сталкивающихся ядер достаточны для преодоления барьера, обусловленного электростатическим отталкиванием ядер, и сближения ядер до расстояния порядка радиуса действия ядерных сил (см. *сильное взаимодействие*). В природных условиях термоядерные реакции протекают лишь в недрах звёзд. Реакции представляют собой слияние легких ядер в более тяжелые с выделением большой кинетической энергии продуктов реакции (термоядерный синтез). Во Вселенной термоядерные реакции играют роль основного источника энергии звёзд и обеспечивают нуклеогенез — образование ядер химических элементов. На Земле неуправляемые термоядерные реакции с участием дейтерия и трития осуществлены в

испытательных взрывах водородных бомб. С попытками осуществления управляемого термоядерного синтеза связаны надежды на решение энергетических проблем человечества.

тёрмы / terms, energy levels // Termen pl , Energieniveauen pl : в физике — применяемые в спектроскопии величины, пропорциональные энергиям *стационарных состояний* атомов и молекул. См. *уровни энергии*.

тёрпит разрыв / has discontinuity, is discontinuous // hat eine Unstetigkeit: «функция терпит разрыв непрерывности в точке x_0 » — функция *непрерывна* в окрестности точки x_0 , а в самой точке x_0 имеет *разрыв*.

тэсла, Тл / tesla // Tesla n : единица СИ магнитной индукции. Названа в честь сербско-американского физика и изобретателя Н. Теслы (Nikola Tesla, 1856–1943). 1 Тл равен магнитной индукции однородного магнитного поля, в котором на плоский контур с током, имеющим *магнитный момент* $1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$, действует максимальный вращающий момент, равный $1 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Иначе эту единицу можно определить так: 1 Тл равен магнитной индукции, при которой магнитный поток через площадку 1 м^2 , перпендикулярную направлению магнитного поля, равен 1 Вб .

тест / test // Test m : проверка и диагностика состояния какой-либо системы (в частности, оборудования); проверка знаний. С помощью тестов исследуются и решаются задачи: поиск неисправностей в электрических сетях, контроль автоматов, диагностические задачи медицины, распознавание геометрических образов, игровые задачи и т.д.

В *кибернетике* — одно из важнейших средств логического анализа информации. Информация о свойствах исследуемых объектов может быть представлена в виде *таблицы*, строки которой озаглавлены вопросами (признаками) q_i ($i = 1, \dots, m$), столбцы — названиями тестируемых объектов (образов) o_k ($k = 1, \dots, n$), а на пересечении строк и столбцов записаны соответствующие ответы a_{ik} . Одна из основных задач тестирования:

	o_1	o_2	...	o_n
q_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
...	...	...	...	...
q_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

с помощью задаваемых вопросов и получаемых ответов определить столбец (или группу столбцов), к которому относится полученный набор ответов. Если, например, столбцы соответствуют образам, которые требуется распознавать, то нахождение столбца по набору ответов означает нахождение искомого образа из множества всех заданных образов. На практике таблицы данных обычно весьма обширны, поэтому разработаны методы, позволяющие

избежать полного просмотра всей таблицы и ограничиться сравнительно небольшой выборкой.

тетра́эдр / tetrahedron // Tetraeder *n*: правильный четырёхгранник, один из пяти *правильных многогранников*; имеет 4 грани (правильные треугольники), 6 рёбер, 4 вершины.

ТЕХ, TeX, Tex, / TEX, TeX, T_EX // TEX, Tex, T_EX: название компьютерной системы набора текста, при помощи которой можно готовить к печати разнообразные тексты, включающие математические формулы и другие сложные для типографского набора объекты. Например, для получения на дисплее текста «Итак, $A_0 = \int_0^b f(x)dx$ » можно написать с помощью любого текстового редактора следующий исходный текст:

Итак, $A_0 = \int_0^b f(x)dx$

и вызвать транслирующую TEX-программу. Затем текст можно просмотреть на дисплее и при необходимости распечатать на бумаге. Качество получаемого печатного набора соответствует типографскому. Существуют многочисленные варианты системы, облегчающие подготовку разных документов, например, система LaTeX специально для научных текстов.

тэ́хника 1) machinery, technical devices // Maschinen und Geräte *pl*, Technik *f*: механизмы, машины, аппараты и т.п.; 2) engineering, technology // Technik *f*: отрасль человеческой деятельности, в которой на основе научных знаний изобретаются приспособления (приборы, механизмы, аппараты, виды связи и т.д.) для использования сил природы в интересах человека; 3) technique // Technik *f*, Fertigkeit *f*: в искусстве, спорте, ручной работе — умение, навыки, способ выполнения, например, «этот футболист [или: пианист] обладает прекрасной техникой».

те́чение / current, stream, flow // Strömung *f*, Strom *m*: поток, струя (жидкости или газа). «Безвихревое течение» / irrotational flow // wirbel-freie Strömung /// «В течение этой недели» / during this week, in the course of this week // während dieser Woche, im Laufe dieser Woche.

тип / type, kind, model // Typ *m*, Klasse *f*, Modell *n*: образец, вид, класс, модель.

титáн / titanium // Titan *n*: элемент *периодической системы химических элементов* (Ti, номер 22).

тождественно / identically // identisch: две функции $f(x)$ и $g(x)$ совпадают тождественно, если имеет место *тождество* $f(x) \equiv g(x)$.

тождественные части́цы / identical particles // identische Teilchen: частицы, обладающие одинаковыми физическими свойствами: массой, *спином*, электрическим зарядом и другими внутренними характеристиками (квантовыми числами). Например, все электроны во Вселенной — тождественные частицы. Состояния системы частиц, получающиеся одно из другого

перестановкой тождественных частиц местами, нельзя различить ни в каком эксперименте, и такие состояния должны рассматриваться как одно физическое состояние. Представление о тождественных частицах как о принципиально неразличимых частицах возникло в *квантовой механике*. С принципом тождественности частиц связаны различия между классической и квантовой статистиками (см. *статистика Бозе–Эйнштейна* и *статистика Ферми–Дирака*).

тождественный оператор, единичный оператор / identity operator // identischer Operator: *оператор* в векторном пространстве X , сопоставляющий каждому элементу пространства тот же самый элемент: $Ax = x$, $x \in X$. Тождественный оператор обозначают буквой I или E . В пространстве векторов-столбцов тождественный оператор есть *единичная матрица*.

то́ждество / identity // Identität f : равенство двух выражений, зависящих от одной или нескольких переменных, справедливое при всех значениях переменных в рассматриваемой области. Например, равенство $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$ есть тождество, справедливое при любых числовых (вещественных или комплексных) значениях x, y . Тождественное равенство обозначают знаком $\equiv$

ток 1) current // Strom m : электрический ток. «Постоянный ток» / direct current (dc) // Gleichstrom m /// «переменный ток» / alternating current (ac) // Wechselstrom m ; 2) flow // Strömung f : поток жидкости. «Линия тока» / streamline // Stromlinie f .

ток короткого замыка́ния / short circuit current // Kurzschlussstrom m : большой ток, возникающий при слишком малом сопротивлении цепи (коротком замыкании источников тока). Обычно ток короткого замыкания вызывает разрушение цепи.

то́ки Фуко́ / Foucault currents // Foucault-Ströme pl , Wirbelströme pl : то же, что *вихревые токи*.

толчо́к / push, shock // Schlag m , Stoß m , Ruck m : кратковременное механическое воздействие на какое-либо тело.

толщи́на / thickness // Dicke f : для протяжённых объектов — поперечный размер; «толщина земной коры — от 15 до 70 километров».

то́н / tone // Ton m : звук какой-нибудь одной частоты.

то́нкая структу́ра / fine structure // Feinstruktur f : расщепление уровней энергии и спектральных линий атомов, молекул и кристаллов, обусловленное спин-орбитальным взаимодействием. Число подуровней, на которые расщепляется уровень энергии, зависит от числа возможных ориентаций спина. Например, для атомов щелочных металлов спин внешнего электрона может иметь две ориентации, и их уровни энергии расщепляются на два подуровня (имеют дублетную тонкую структуру). Тонкое расщепление сильно возрастает с увеличением заряда ядра; для тяжёлых атомов оно

может достигать десятых долей ЭВ.

тонкостѐнный / thin-walled // dünnwandig: тонкостенный сосуд — сосуд, имеющий тонкие стенки.

тѐнна / ton // Tonne *f*: единица массы; в *метрической системе единиц*: 1000 килограммов. В *английской системе единиц*: короткая тонна (short ton) = 2000 *фунтов*, применяется в США; длинная тонна (long ton) = 2400 фунтов, применяется в Великобритании.

тѐпливо / fuel // Brennstoff *m*, Treibstoff *m*: горючее вещество, используемое, например, в тепловых двигателях.

топогра́фия / topography // Topographie *f*: раздел *геодезии*, изучающий методы измерения отдельных небольших частей земной поверхности (рассматриваемых как плоские) с целью изображения их на карте или плане.

топологическое вѐкторное простран́ство / topological vector space // topologischer Vektorraum: *векторное пространство* X , наделѐнное структурой *топологического пространства*, согласованной с линейными операциями в X . Это означает, что линейным операциям над элементами пространства X соответствуют отображения, непрерывные в смысле данной топологии. Примеры топологических векторных пространств: *евклидово пространство* с топологией, порождённой обычной евклидовой нормой; счётно-нормированное пространство K основных функций (см. *обобщѐнная функция*).

топологическое простран́ство / topological space // topologischer Raum: совокупность двух объектов: *множества* X , состоящего из элементов произвольной природы, называемых точками пространства, и введѐнной в это множество топологической структуры, или *топологии* (1). Топологическая структура — это совокупность $\mathcal{T}$ подмножеств множества X , обладающая следующими свойствами: а) само множество X и пустое множество $\emptyset$ принадлежат $\mathcal{T}$; б) пересечение конечного числа подмножеств и объединение любого числа подмножеств принадлежат $\mathcal{T}$. Если точка x принадлежит подмножеству M , то M называется окрестностью точки x . Простым примером топологического пространства служит *евклидово пространство*, в котором окрестности — это шары и их объединения (в частности, для числовой прямой — промежутки и их объединения).

Пусть X и Y — топологические пространства, и f — отображение X в Y , т.е. правило, сопоставляющее каждой точке $x \in X$ определённую точку $y = f(x) \in Y$; при этом y называется образом точки x , а x — прообразом точки y . Отображение $f: X \rightarrow Y$ называется непрерывным в точке x_0 , если для любой окрестности V точки $f(x_0)$ найдется окрестность U точки x_0 такая, что $f(x) \in V$ для любых $x \in U$. В частном случае евклидова пространства это определение совпадает с обычным определением *непрерывной функции*.

Частные случаи топологических пространств — метрическое, банахово,

гильбертово, евклидово пространства (см. соотв. статьи).

тополо́гия / topology // Topologie *f*: 1) то же, что топологическая структура в *топологическом пространстве*; 2) раздел математики, изучающий *топологические пространства*.

тор / torus // Torus *m*: поверхность T , получаемая при вращении окружности радиуса a вокруг оси, расположенной в плоскости окружности и отстоящей от центра окружности на расстояние d , большее, чем радиус окружности: $d > a$. Пусть x, y, z — *декартовы координаты*, и окружность имеет в плоскости $y = 0$ уравнение $x = d + a \cos u$, $z = a \sin u$; здесь u — параметр, имеющий смысл *полярного угла* на плоскости Oxz с полюсом $(a, 0)$. Тогда уравнение тора, полученного при вращении окружности вокруг оси Oz , имеет вид $x = (d + a \cos u) \cos \phi$, $y = (d + a \cos u) \sin \phi$, $z = a \sin u$, где ϕ — угол поворота окружности вокруг оси Oz . Тором называют также тело, ограниченное в пространстве поверхностью T . Моделью тора может служить, например, корабельный спасательный круг.

то́рий / thorium // Thorium *n*: радиоактивный элемент *периодической системы химических элементов* (Th, номер 90)

торможе́ние / braking // Bremsen *n*: замедление, движение с отрицательным ускорением (ускорением, направленным противоположно скорости).

то́рмоз / brake // Bremse *f*: устройство, предназначенное для *торможения*.

тормозно́е излу́чение / bremsstrahlung, slowing-down radiation // Bremsstrahlung *f*: электромагнитное излучение, испускаемое заряженной частицей при её рассеянии (торможении) в электрическом поле. Закономерности тормозного излучения можно описать в рамках классической электродинамики. Интенсивность излучения пропорциональна квадрату ускорения заряженной частицы. Так как ускорение обратно пропорционально массе частицы, то в одном и том же поле тормозное излучение лёгкой частицы будет значительно больше, чем тяжёлой (например, излучение электрона в миллионы раз мощнее излучения протона). Поэтому чаще всего наблюдается и практически используется излучение, возникающее при рассеянии ускоренных электронов в электростатическом поле атомных ядер. Такова, в частности, природа тормозного *рентгеновского излучения* и гамма-излучения, испускаемых быстрыми электронами при прохождении их через вещество.

Тормозное излучение характеризуется *сплошным спектром*, обрывающимся при максимально возможной энергии фотонов, равной начальной энергии электрона. Причиной значительного тормозного излучения может быть тепловое движение в горячей разреженной *плазме*. Элементарные акты тормозного излучения в этом случае обусловлены ускорениями, с которыми движутся при столкновениях заряженные частицы, из которых состоит плазма. Космическое рентгеновское излучение является, по-видимому, также тепловым тормозным излучением.

точечная оценка: то же, что *статистическая оценка*.

точечное множество / point set // Punktmenge f : всякое *множество* элементов *евклидова пространства* $\mathbf{R}^n$ называется точечным множеством.

точечный заряд / point charge // Punktladung f , punktförmige Ladung: в физике — условное название заряженного тела, размерами которого в данной ситуации можно пренебречь.

точечный источник / point source // Punktquelle f , punktförmige Quelle: в физике — условное название источника (поля, излучения), размерами которого в данной ситуации можно пренебречь.

точка / point // Punkt m : в *геометрии* — пересечение двух непараллельных прямых; в теории *множеств* — то же, что элемент множества; в теории *векторных пространств* — синоним вектора; в теории функций *комплексного переменного* — изображение комплексного числа на плоскости.

точка ветвления, точка разветвления / branch point, ramification point // Verzweigungspunkt m : в теории *аналитических функций*: точка ветвления функции $f(z)$ — особая точка a функции такая, что существуют окружности сколь угодно малого радиуса с центром в точке a , при *аналитическом продолжении* функции вдоль которых получаются значения функции, отличные от исходных. Примеры: 1) $z = 0$ — точка ветвления функций $\sqrt{z}$, $\sqrt[3]{z}$, $\ln z$ (для этих функций $z = \infty$ — также точка ветвления); 2) функция $\sqrt{z(z-1)}$ имеет две точки ветвления, $z = 0$ и $z = 1$; 3) $z = k\pi$ при каждом целом k — точка ветвления $\sqrt{\sin z}$.

точка кипения / boiling point // Siedepunkt m , Siedetemperatur f : то же, что *температура кипения*.

точка перегиба: см. *перегиб*.

точка плавления / melting point // Schmelzpunkt m : то же, что *температура плавления*.

точка поворота / turning point // Wendepunkt m : в физике: в *классической механике* — точка, в которой полная механическая энергия частицы, движущейся в потенциальном силовом поле, сравнивается с потенциальной энергией, т.е. кинетическая энергия и скорость частицы обращаются в нуль. В этом месте направление движения частицы изменяется на противоположное — происходит её отражение от потенциального барьера или от берега потенциальной ямы. В *квантовой механике* волновая функция, описывающая состояние частицы, может быть отлична от нуля и за пределами точки поворота, т.е. здесь, в отличие от классической механики, существует ненулевая вероятность обнаружить частицу в «подбарьерной» области, а при конечных размерах потенциального барьера отлична от нуля вероятность прохождения частицы за пределы барьера (туннельный эффект).

В математике: точкой поворота *обыкновенного дифференциального*

уравнения $y''(x) + q(x)y(x) = 0$ называют точку x_0 такую, что $q(x_0) = 0$, причём при переходе через эту точку $q(x)$ меняет знак. Пример: уравнение Эйри $y''(x) = xy(x)$ имеет одну точку поворота $x_0 = 0$. В области, где $q(x) < 0$, решения уравнения имеют монотонный характер, а там, где $q(x) > 0$ — осциллируют. Точки такого типа называют также точками перехода (transition points // Übergangspunkte *pl*).

тóчная вéрхняя гpани́ца / least [or: lowest] upper bound // obere Grenze, kleinste obere Schranke: то же, что *верхняя грань*.

тóчная нíжняя гpани́ца / greatest lower bound // untere Grenze, größte untere Schranke: то же, что *нижняя грань*.

тóчность / accuracy, precision // Genauigkeit f , Exaktheit f [о данных], Präzision f [о приборах], Pünktlichkeit f [о времени]: аккуратность, правильность. «С точностью до двух десятичных знаков после запятой» / correct to two decimal places // genau bis auf zwei Dezimalen.

тóчность измерéний / accuracy of measurement // Messgenauigkeit f : характеристика качества измерений, отражающая степень близости результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Обычно в качестве количественной оценки точности измерений указывают погрешность измерений, т.е. величину, обратную точности измерений.

тóчный / exact, precise // exakt, präzis(e): аккуратный, правильный. «Точные науки» / exact sciences // exakte Wissenschaften /// «точная механика» / precision mechanics, exact mechanics, fine mechanics // Feinmechanik f /// «точные приборы» / precise instruments // Präzisionsinstrumente *pl*.

траектóрия / trajectory // Bahn f : в математике: траектория точки $\vec{r}(t)$ на плоскости или в пространстве — множество точек $\vec{r}$, на которое вектор-функция $\vec{r} = \vec{r}(t)$ отображает заданный интервал $t \in [t_0, t_1]$. В физике — кривая, вдоль которой движется материальная точка. Фазовая траектория — кривая в *фазовом пространстве*, вдоль которой движется изображающая точка, т.е. точка, характеризующая состояние системы (см. *автономная система*).

трактpи́са / tractrix // Traktrix f : «кривая влечения». Кривая на плоскости Oxy , обладающая следующим свойством: если провести прямую, касающуюся кривой в произвольной точке M , то отрезок этой прямой от точки касания до пересечения с осью Ox имеет постоянную длину a независимо от положения точки касания M . Кривая симметрична относительно оси y ; уравнение правой ветви (при $x > 0$, $0 < y \leq a$): $x = a(\ln(a + \sqrt{a^2 - y^2}) - \ln y) - \sqrt{a^2 - y^2}$.

транзíстор / transistor // Transistor m : полупроводниковый прибор, содержащий два $p-n$ -перехода и имеющий три контакта для включения в электрическую цепь. Существует множество типов транзисторов, различающихся

последовательностью соединения $p-n$ -переходов (npn и pnp структуры), используемыми полупроводниковыми материалами, назначением, конструктивными особенностями и т.п.

транзитивность / transitivity // Transitivität f : в математике — переходность, свойство, присущее некоторым отношениям между объектами; заключается в том, что если данное отношение имеет место между A и B , а также между B и C , то оно имеет место и между A и C . Примеры транзитивных отношений: равенство (если $a = b$ и $b = c$, то $a = c$), отношения «меньше» и «больше» (если $a < b$ и $b < c$, то $a < c$), *конгруэнтность* геометрических фигур и т.п.

трансверсаль / transversal // Transversalkurve f : в *вариационном исчислении*: трансверсаль однопараметрического семейства $f(x, y, C) = 0$ экстремалей функционала $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$ — кривая, пересекающая каждую экстремаль под таким углом, что в точках пересечения выполнено *условие трансверсальности*. Например, для семейства экстремалей $y = Cx$ функционала $\int_0^{x_1} \sqrt{1 + y'^2} dx$ трансверсали — это окружности $x^2 + y^2 = R^2$.

трансверсальность / transversality // Transversalität f : в *вариационном исчислении*: свойство какой-нибудь кривой (в частности, экстремали функционала) пересекать заданную кривую так, что в точках пересечения выполнено *условие трансверсальности* заданного функционала.

транслятор / compiler, interpreter, translator // Compiler m , Interpreter m : в информатике — общее название для компьютерных программ, преобразующих программу, записанную на *языке программирования* высокого уровня, в последовательность машинных команд. По принципу работы трансляторы подразделяются на компиляторы и интерпретаторы. Компилятор переводит сразу всю программу в машинные команды, а интерпретатор преобразует программу по фрагментам, по мере её выполнения.

Примечание: обычно вместо термина «транслятор» говорят «компилятор» или «интерпретатор».

трансляция 1) compilation, interpretation // Compilation f , Interpretation f : в информатике — процесс преобразования компьютерной *программы*, записанной на языке высокого уровня, в последовательность машинных команд, см. *транслятор*; 2) translation // Parallelverschiebung f : в геометрии — параллельный перенос.

транспозиция / transposition // Vertauschen der Elementen: в *комбинаторике*: транспозиция элементов e_i и e_k в *перестановке* $[e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_k, \dots, e_n]$ — обмен этих элементов местами, т.е. операция, в результате которой данная перестановка превращается в перестановку $[e_1, e_2, \dots, e_k, \dots, e_i, \dots, e_n]$.

транспонировать / transpose // transponieren: транспонировать *матрицу*

A — означает написать *транспонированную матрицу* A^T .

транспонированная матрица / transpose of a matrix // transponierte

Matrix: пусть *матрица* A состоит из m строк и n столбцов (формула (*)):

$$(*) \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad A^T = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (**)$$

Транспонированная по отношению к A матрица (обозначается A^T) — матрица, строки которой являются столбцами матрицы A , а столбцы — строками A , см. формулу (**)

транспортная задача / transportation problem // Transportproblem

n : задача о перевозках, одна из важных задач *линейного программирования*.

Из пунктов производства $A_1, \dots, A_m$ в пункты потребления $B_1, \dots, B_n$ перевозят некоторый товар, при этом задана стоимость c_{ij} перевозки единицы товара из пункта A_i в пункт B_j . Пусть x_{ij} — количество товара, перевозимого из A_i в B_j , причём $x_{ij} \geq 0$, и задано полное количество X товара: $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} =$

X . Полная стоимость перевозки равна $C(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$; требуется

найти такие x_{ij} , что $C(x)$ минимальна. Разработаны специальные методы для быстрого решения транспортной задачи.

трансурановые элементы / transuranium elements // Transurane

pl: химические элементы с атомным номером $Z > 92$, расположенные в периодической системе элементов за ураном. Из-за относительно малого времени жизни трансурановые элементы не сохранились в земной коре. Известно несколько способов искусственного синтеза трансурановых элементов, основанных на облучении мишени нейтронами или заряженными частицами.

Облучением урана мощными нейтронными потоками, получаемыми в ядерных реакторах, можно получить трансурановые элементы вплоть до элемента Fm (фермий) с $Z = 100$ включительно. Для синтеза далёких (от $Z = 102$ до $Z = 107$) трансурановых элементов используют ядерные реакции слияния и деления. Теория предсказывает возможность существования очень тяжёлых ядер, сравнительно устойчивых относительно спонтанного деления и альфа-распада. Такой «остров стабильности» должен располагаться вблизи магического ядра с $Z = 114$ и числом нейтронов $N = 184$. Некоторые из таких ядер могут иметь период полураспада до ста млн. лет, и не исключено, что их микроколичества могли сохраниться на Земле до настоящего времени.

трансфока́тор / varifocal lens // Varioobjektiv n , Objektiv mit veränderlicher

Brennweite: сочетание телескопической насадки с объективом, представляющее собой оптическую систему с переменным фокусным расстоянием. Перемещением

отдельных элементов насадки трансфокатора обеспечивают плавное изменение масштабов изображения в определённом диапазоне.

трансформанта Лапласа, преобразование Лапласа / Laplace transform // Laplace-Transformierte f : образ $\tilde{f}$ функции f при применении к ней преобразования Лапласа.

трансформанта Фурье, преобразование Фурье / Fourier transform // Fourier-Transformierte f : образ $\tilde{f}$ функции f при применении к ней преобразования Фурье.

трансформатор / transformer // Transformator m : в физике и технике — прибор, преобразующий переменный электрический ток. Используется для повышения и понижения напряжения. Простейший трансформатор имеет две обмотки (первичную и вторичную), которые охватывают общий (замкнутый) сердечник, так что магнитный поток, создаваемый током в одной из обмоток, практически целиком проходит внутри второй обмотки.

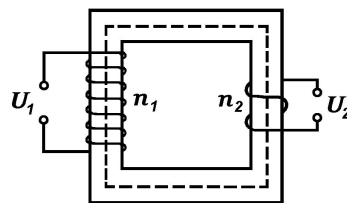


Рис. 168: Трансформатор

трансцендентная функция / transcendental function // transzendentente Funktion: *целая функция* или *мероморфная функция*, отличная от *полинома* и от *дробно-рациональной функции*. В более широком смысле — *аналитическая функция* (возможно, многозначная), при вычислении значений которой применяется в той или иной форме предельный переход. К элементарным трансцендентным функциям относятся *тригонометрические функции*, *логарифмическая функция* и *показательная функция* (экспонента). Многие трансцендентные функции вводятся как суммы *степенных рядов*, *интегралы с параметром* или с переменным верхним пределом, или как решения *дифференциальных уравнений*. Примеры: *гамма-функция*, *дзета-функция*, *интегральный синус*, *функции Бесселя*, *эллиптические функции*.

трансцендентное уравнение / transcendental equation // transzendentente Gleichung: уравнение, не являющееся *алгебраическим уравнением*, т.е. уравнение вида $f(x) = 0$, где $f(x)$ — *трансцендентная функция*; в частности, уравнение, содержащее *тригонометрические функции*, *логарифмы* или *экспоненту*. Например, уравнения $3 \sin x - 1 = 0$, $e^x - 2 = 0$, $x + \pi \ln x + 1 = 0$, $\Gamma(x) - 1 = 0$, где $\Gamma(x)$ — *гамма-функция*.

трансцендентное число́ / transcendental number // transzendente Zahl: *действительное число* или *комплексное число* называется трансцендентным числом, если оно не является корнем никакого *полинома* с целыми коэффициентами. Примеры трансцендентных чисел: *число e*, *число π* , $\ln 2$. См. также *алгебраическое число*.

трапециевидный / trapezoidal // trapezförmig: имеющий форму *трапеции*.

трапе́ция / trapezium, trapezoid // Trapez *n*: в геометрии — плоский *четырёхугольник*, две стороны которого («основания») параллельны, а две другие («боковые стороны») не параллельны. Средняя линия трапеции — отрезок, соединяющий середины боковых сторон; её длина равна полусумме оснований. Высота трапеции — расстояние между основаниями. Площадь трапеции $S = \frac{1}{2}(a + b)h$, где *a* и *b* — основания, *h* — высота.

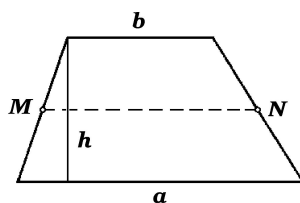


Рис. 169: Трапеция

трек / track // Spur *f*: след, оставляемый заряженной частицей в регистрирующем устройстве — трековом детекторе (фотоэмульсии, камере Вильсона, пузырьковой камере). См. также *след частицы*.

трéние / friction // Reibung *f*: внешнее трение — трение покоя (static friction // Haft-Reibung); трение скольжения (kinetic friction // Gleit-Reibung) — см. *скольжение*; трение качения (rolling friction // Roll-Reibung): трение качения обусловлено преодолением «мостиков» межмолекулярного сцепления, возникающих в месте контакта тела с опорной поверхностью, потерями энергии на упругий гистерезис, связанный со сжатием под нагрузкой материала самого тела и поверхности опоры перед катящимся телом, а также формированием «валика» перед катящимся телом.

трéтий [сокр: 3-й] / third [сокр: 3rd] // der dritte [сокр: 3.]: порядковое числительное. «Закон исключённого третьего» (law of the excluded middle // der Satz vom ausgeschlossenen Dritten): в логике — аксиома: любое утверждение может быть либо истинно, либо ложно.

треть / (one) third // Drittel *n*: третья часть от чего-то целого. «Две трети» / two thirds // zwei Drittel.

трéтье нача́ло термодина́мики: см. *теорема Нернста*.

трéтья косми́ческая ско́рость / solar escape velocity // 3. astro-

nautische Geschwindigkeit: минимальная скорость, которую нужно сообщить телу вблизи поверхности Земли для того, чтобы оно вышло за пределы Солнечной системы — см. *космические скорости*.

треуго́льная ма́трица / triangular matrix // Dreiecksmatrix f : верхняя треугольная матрица (upper triangular matrix // obere Dreiecksmatrix): квадратная *матрица*, у которой все элементы, расположенные ниже главной диагонали, равны нулю. У нижней треугольной матрицы (lower triangular matrix // untere Dreiecksmatrix) все элементы выше главной диагонали равны нулю.

треуго́льник / triangle // Dreieck n : геометрическая фигура, образованная тремя отрезками («сторонами»), соединяющими попарно три заданные точки («вершины»), не лежащие на одной прямой. Элементы треугольника: сторона (side // Seite f), вершина (vertex // Scheitel m , Scheitelpunkt m), угол (angle // Winkel m), *медиана* (median // Seitenhalbierende f), *биссектриса* (bisectrix // Winkelhalbierende f), *высота* (altitude // Höhe f). Если в треугольнике все три угла острые (меньше 90°), треугольник — остроугольный (acute // spitzwinklig), если один из углов прямой — прямоугольный (right // rechtwinklig), если один из углов тупой — тупоугольный (obtuse // stumpfwinklig). Сумма углов любого треугольника равна 180° . Длина любой стороны треугольника меньше суммы длин двух других сторон.

В равнобедренном треугольнике (isosceles triangle // gleichschenkliges Dreieck) две стороны равны; третья сторона — основание (base // Basis f), боковая сторона (lateral side, leg // Schenkel m). В равностороннем треугольнике (equilateral [or: regular] triangle // gleichseitiges Dreieck) равны все 3 стороны. В прямоугольном треугольнике (right triangle // rechtwinkliges Dreieck) один угол прямой, против него лежит гипотенуза (hypotenuse // Hypotenuse f), каждая из прочих сторон называется катет (other side, leg (of the right angle), small side // Kathete f).

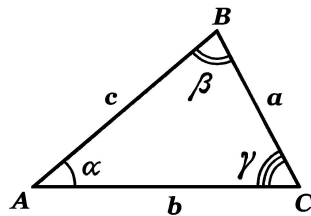


Рис. 170: Треугольник

Введём обозначения: a, b, c — стороны (точнее, длины сторон), α, β, γ — углы, h_a — высота, проведённая к стороне a , $p = \frac{1}{2}(a + b + c)$ —

полупериметр, S — площадь, R — радиус описанной окружности, r — радиус вписанной окружности. Имеют место формулы:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma \quad (\text{теорема косинусов})$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R \quad (\text{теорема синусов})$$

$$S = \frac{1}{2}ah_a, \quad S = \frac{1}{2}ab \sin \gamma, \quad S = \frac{abc}{4R}, \quad S = pr$$

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (\text{формула Герона})$$

треуго́льник Паска́ля / Pascal triangle // Pascalsches Dreieck: схема последовательного вычисления *биномиальных коэффициентов*.

				1					
				1		1			
			1		2		1		
		1		3		3		1	
	1		4		6		4		1
1		5		10		10		5	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

В k -ой строке схемы выписаны коэффициенты бинома Ньютона $(a+x)^{k-1}$, причем каждый коэффициент в k -й строке получается как сумма двух его «соседей» (левее и правее), стоящих в $(k-1)$ -ой строке: $4=1+3$, $6=3+3$, $5=1+4$, $10=4+6$ и т.д.

треуго́льный / triangular // dreieckig: имеющий форму треугольника.

трёхгра́нный у́гол / trihedral angle // dreiseitige Ecke: *многогранный угол*, имеющий три грани.

трёхдиагона́льная ма́трица / tridiagonal matrix // Dreidiagonalmatrix f : квадратная *матрица*, все элементы которой равны нулю, кроме элементов главной диагонали и двух её соседних диагоналей. Такие матрицы возникают, в частности, при замене дифференциального уравнения разностной системой, см. *разностный метод*.

трёхзна́чный 1) three-figure, three-digit // dreistellig: целое число называют трёхзначным, если его (десятичная) запись состоит из трёх цифр, например, 409; 2) three-valued // dreideutig: трёхзначное отображение — частный случай *многозначного отображения*.

трёхкра́тный 1) triple, threefold // dreifach: тройной, имеющий *кратность* 3; 2) three times // dreimalig: происходящий три раза.

трёхме́рный / three-dimensional // dreidimensional: в геометрии — имеющий размерность три (пространство, фигура, область).

трёхо́сный / triaxial // dreiaxig: имеющий три оси (симметрии), например, трёхосный *эллипсоид*.

трёхразрядный / three-digit // dreidezimal: трёхразрядное число — число, представленное тремя цифрами трёх (десятичных) разрядов, например, 3,14.

трёхсвязная область / triply connected domain [or: region] // dreifach zusammenhängendes Gebiet: частный случай *многосвязной области*.

трёхфазный ток / three-phase current // Drehstrom *m*: в технике — промышленная система передачи на расстояние и распределения электроэнергии с использованием трёх переменных токов, в которых синхронные колебания напряжения происходят со сдвигом по фазе на 120 градусов.

трёхчлен, квадратный трёхчлен / trinomial // quadratische Funktion, Trinom *n*: *полином* 2-й степени, или квадратичная функция: $ax^2 + bx + c$.

трещина / crack // Riss *m*: нарушение целостности, разрыв в твёрдом сплошном материале.

три / three // drei: число 3.

триангуляция / triangulation // Triangulation *f*: в *топографии* — метод определения положения опорных точек на земной поверхности для топографических съёмок и составления карт. Триангуляция состоит в построении на местности системы треугольников с вершинами в опорных точках. Для этого измеряют одну из сторон первого треугольника и углы всех треугольников, и затем по *формулам тригонометрии* вычисляют положение всех вершин.

В *геометрии* — разбиение *многогранника* или *полиэдра* на замкнутые *симплексы* таким образом, что каждые два симплекса либо не пересекаются, либо пересекаются по их общей грани.

тривиальный / trivial // trivial: а) самоочевидный, неинтересный, не содержащий новой информации, например, «тривиальное замечание»; б) в математике: тривиальное решение однородного линейного *дифференциального уравнения* или однородной линейной *системы уравнений* — нулевое решение; тривиальная *линейная комбинация* — линейная комбинация со всеми коэффициентами, равными нулю.

тригонометрические функции / trigonometric functions // trigonometrische Funktionen: *синус*, *косинус*, *тангенс*, *котангенс*, *секанс*, *косеканс*. См. также *обратные тригонометрические функции*.

тригонометрический круг / trigonometric circle, unit circle // Einheitskreis *m*: окружность с центром в точке *O* и радиусом 1 на плоскости с *декартовой системой координат Oxy*.

Пусть $M(x, y)$ — переменная точка окружности, и пусть вектор $\overrightarrow{OM}$ непрерывно поворачивается вокруг точки *O*, при этом угол поворота α отсчитывается от положительной полуоси *Ox* и считается возрастающим (убывающим) в случае движения против часовой стрелки (по часовой

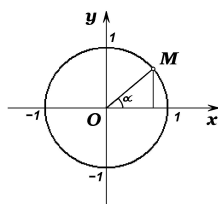


Рис. 171: Тригонометрический круг

стрелке). Тригонометрические функции вводятся следующим образом ($-\infty < \alpha < +\infty$):

$$\sin \alpha = y, \quad \cos \alpha = x, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}, \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{x}{y}, \quad \sec \alpha = \frac{1}{x}, \quad \operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{y}.$$

Введённые таким образом тригонометрические функции при $0 < \alpha < 90^\circ$ совпадают с функциями, введёнными с помощью прямоугольного треугольника.

тригонометрический ряд Фурье / trigonometric Fourier series // trigonometrische Fourier-Reihe: см. *ряд Фурье*.

тригонометрическое уравнение / trigonometric equation // trigonometrische Gleichung: уравнение, в котором неизвестное содержится под знаком *тригонометрической функции*. Простейшие тригонометрические уравнения имеют вид:

$$(1) \sin x = a, \quad (2) \cos x = a, \quad (3) \operatorname{tg} x = a, \quad (4) \operatorname{ctg} x = a,$$

где a и x — *вещественные числа*. Соответствующие решения ($n \in \mathbf{N}$):

$$\begin{aligned} (1) \quad & x = (-1)^n \arcsin a + \pi n, \text{ если } |a| \leq 1, \\ (2) \quad & x = \pm \arccos a + 2\pi n, \text{ если } |a| \leq 1, \\ (3) \quad & x = \arctg a + \pi n, \quad (4) \quad x = \operatorname{arccotg} a + \pi n. \end{aligned}$$

См. также *арксинус*, *арккосинус*, *арктангенс*, *арккотангенс*.

тригонометрия / trigonometry // Trigonometrie f : раздел математики, изучающий соотношения сторон и углов *треугольника*. Методы тригонометрии позволяют решать многие задачи *планиметрии* и *стереометрии*. См. также *формулы тригонометрии*.

трижды / three times, thrice // dreimal: три раза. «Трижды семь — двадцать один» / three times seven is twenty one // drei mal sieben ist einundzwanzig.

трилистник / three-leaved figure, trefoil // Kleeblattkurve f : плоская кривая, уравнение которой в *полярных координатах* ρ, ϕ имеет вид $\rho = a \cos 3\phi$.

триллион / billion [англ], trillion [амер] // Billion f : 1000 миллиардов, 10^{12} .

тринадцать / thirteen // dreizehn: число 13.

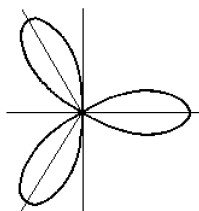


Рис. 172: Трилистник

триод / triode // Triode *f*: вакуумная электронная лампа с тремя электродами. Управляющее напряжение, приложенное между катодом, эмиттирующим электроны (см. *термоэлектронная эмиссия*) и сеткой, регулирует величину потока электронов от катода к аноду (анодного тока). Триод используют в (мощных) электронных генераторах переменного напряжения и для усиления слабых электрических сигналов, а также в электронных реле, ячейках электронных логических схем и т.п. Полупроводниковый триод — см. *транзистор*.

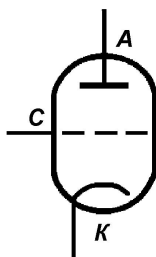


Рис. 173: Триод: А - анод, С - сетка, К - катод

триплёт / triplet // Triplet *n*: группа близко расположенных спектральных линий, обусловленная расщеплением уровней энергии атома на три подуровня в результате спин-орбитального взаимодействия электронов в атоме. Триpletная структура уровней энергии характерна для атомов, имеющих два внешних электрона.

три́тий / tritium // Tritium *n*: сверхтяжёлый *изотоп* водорода ^3H с массовым числом 3. Ядро трития — *три́тон* — состоит из протона и двух нейтронов.

три́тон / triton // Triton *n*: ядро сверхтяжёлого *изотона* водорода ^3H с массовым числом 3. Три́тон состоит из протона и двух нейтронов; спин равен $1/2$ (в единицах $\hbar$). Три́тон нестабилен; в результате *бета-распада* три́тона (с периодом полураспада 12,4 года) образуется ядро ^3_1He

с испусканием электрона и антинейтрино.

триэ́др / trihedron, trihedral // Dreieck n : а) трёхгранный угол, см. *многогранный угол*; б) три ребра трёхгранного угла.

тро́йка / triple, set of three // Dreiergruppe f : *множество*, состоящее из трёх элементов, т.е. три объекта, рассматриваемые вместе, например, тройка *координат* точки, *правая тройка векторов*.

тройная́ то́чка / triple point // Dreifachpunkt m : в термодинамике — точка на *диаграмме состояния* в координатах $p - T$ (давление – температура), соответствующая сосуществованию в термодинамическом равновесии трёх фаз вещества (в частности, твёрдой, жидкой и газообразной). Температура тройной точки воды принята равной 273,16 К (точно), или 0,01°C, давление 610,6 Па (4,58 мм рт. ст.). Температура тройной точки воды служит основной реперной точкой абсолютной термодинамической *температурной шкалы*.

тройно́й / triple // dreifach: имеющий кратность 3, например, тройной корень $x = 0$ уравнения $x \sin^2 x = 0$.

тройно́й интегрáл / triple integral, space integral // Raumintegral n : определение тройного интеграла аналогично определению *двойного интеграла*. Пусть V — область («тело») в пространстве $Oxyz$, ограниченная замкнутой поверхностью P , и $f(x, y, z)$ — заданная в области V функция. Разобьем V на n частичных областей V_k , в каждой частичной области произвольно выберем точку (ξ_k, η_k, ζ_k) , обозначим объём частичной области V_k через Δ_k , её диаметр через δ_k и составим интегральную сумму: $S_n = \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k, \zeta_k) \Delta_k$. (Диаметром области называется наибольшее расстояние между любыми двумя точками области).

Пусть теперь число n частичных областей неограниченно возрастает, причем наибольший диаметр частичных областей, $\max_{1 \leq k \leq n} \delta_k$, стремится к нулю. Если последовательность интегральных сумм $\{S_n\}$ имеет конечный предел при $n \rightarrow \infty$, не зависящий от способа разбиения области и от выбора точек в частичных областях, то этот предел называется *тройным интегралом* от функции f по области V :

$$\iiint_V f(x, y, z) dx dy dz = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(\xi_k, \eta_k, \zeta_k) \Delta_k.$$

Если граница P области V кусочно-гладкая, а функция $f(x, y, z)$ непрерывная, то тройной интеграл существует.

Физический смысл тройного интеграла: если $f(x, y, z)$ — плотность вещества, распределенного в объёме V , то интеграл равен массе вещества, заключенного в этом объёме. Если $f(x, y, z)$ — плотность объёмных электрических

зарядов, то интеграл равен полному заряду в данном объёме. С помощью тройных интегралов можно находить также координаты центра масс, моменты инерции тел и т.п.

Вычисляется тройной интеграл сведением к повторному интегралу. Пусть проекция тела V на плоскость Oxy — область Ω , ограниченная линиями $x = a$, $x = b$, $y = y_1(x)$ и $y = y_2(x)$ (при $a \leq x \leq b$). Пусть тело V ограничено поверхностями $z = z_1(x, y)$ и $z = z_2(x, y)$ при $(x, y) \in \Omega$, а также *цилиндрической поверхностью* с образующей, параллельной оси Oz , и проходящей через границу области Ω .

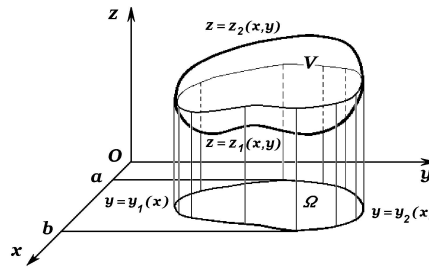


Рис. 174: К определению тройного интеграла

Координаты точек тела удовлетворяют неравенствам $a \leq x \leq b$, $y_1(x) \leq y \leq y_2(x)$, $z_1(x, y) \leq z \leq z_2(x, y)$. Тройной интеграл сводится к повторному:

$$\int \int \int_V f(x, y, z) dx dy dz = \int_a^b dx \int_{y_1(x)}^{y_2(x)} dy \int_{z_1(x, y)}^{z_2(x, y)} f(x, y, z) dz.$$

Замена переменных в тройном интеграле: пусть система функций $\xi(x, y, z)$, $\eta(x, y, z)$, $\zeta(x, y, z)$ задаёт *взаимно однозначное* отображение области V на область V' , причем *якобиан* отображения отличен от нуля:

$$G = \frac{\partial(\xi, \eta, \zeta)}{\partial(x, y, z)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial x} & \frac{\partial \xi}{\partial y} & \frac{\partial \xi}{\partial z} \\ \frac{\partial \eta}{\partial x} & \frac{\partial \eta}{\partial y} & \frac{\partial \eta}{\partial z} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial x} & \frac{\partial \zeta}{\partial y} & \frac{\partial \zeta}{\partial z} \end{vmatrix} \neq 0.$$

Тогда интеграл по области V преобразуется к интегралу по области V' :

$$\int \int \int_V f(x, y, z) dx dy dz = \int \int \int_{V'} f(x(\xi, \eta, \zeta), y(\xi, \eta, \zeta), z(\xi, \eta, \zeta)) |J| d\xi d\eta d\zeta,$$

где $J = G^{-1} = \frac{\partial(x,y,z)}{\partial(\xi,\eta,\zeta)}$ — якобиан отображения области V' на область V . Для вычисления тройных интегралов часто используются *цилиндрические координаты* и *сферические координаты*.

трохо́ида / trochoid // Trochoide f : см. *циклоида*.

труба́ / pipe, tube // Rohr n : изделие из твёрдого вещества, имеющее форму длинного пустотелого цилиндра (возможно, изогнутого). «Аэродинамическая труба» / wind-tunnel // Windkanal m , Windtunnel m /// «зрительная труба» / (terrestrial) telescope // Fernrohr n .

тру́бка Венту́ри / Venturi tube // Venturi-Rohr n : устройство для замера *расхода* жидкости или газа, а также скорости течения жидкостей и газов в трубопроводах, предложенное итальянским учёным Дж. Вентури (Giovanni Battista Venturi, 1746–1822). Трубка Вентури представляет собой сужение на трубопроводе; в сужении скорость течения возрастает, а давление соответственно понижается. По известным размерам трубки и измеренной дифференциальным манометром разности давлений во входном сечении и в самом узком месте трубки можно рассчитать скорость потока и, следовательно, расход.

тру́бка Пито́ / Pitot tube // Pitot-Rohr n : Г-образная трубка для измерения динамического напора текущей жидкости или газа. Названа по имени её изобретателя французского учёного А. Пито (Henri de Pitot, 1695–1771).

тру́бка то́ка / tube of current // Stromröhre f : в гидромеханике — трубка, составленная из линий тока, проходящих через точки небольшого замкнутого контура внутри движущейся жидкости. При установившемся движении жидкости линии тока совпадают с траекториями частиц движущейся жидкости и остаются неизменными; в этом случае трубка тока похожа на трубку с твёрдыми стенками, внутри которой происходит течение жидкости с постоянным расходом через сечение трубки.

тума́н / fog, mist // Nebel m : конденсированный пар в виде взвешенных мелких капель жидкости.

тунне́льный эффё́кт, туннелирование / tunnel effect // Tunneleffekt m : преодоление микрочастицей *потенциального барьера* в случае, когда её полная энергия меньше высоты барьера. Явление туннелирования имеет существенно квантовую природу, его невозможно объяснить в рамках классической механики. Аналог туннелирования существует в волновой оптике: электромагнитная волна при падении из прозрачной среды на границу с вакуумом (или оптически менее плотной средой) под углом, превышающим предельный угол полного внутреннего отражения, частично проникает за пределы границы на расстояние порядка длины волны, и если в этом месте расположена другая прозрачная среда, волна может распространяться в ней дальше, преодолев узкий зазор между оптически

плотными средами (нарушенное полное отражение). Возможность туннелирования микрочастиц связана с их волновыми свойствами: состояние частицы по одну сторону барьера описывается волновой функцией, которая имеет отличное от нуля значение и в «подбарьерной» области в виде экспоненциально затухающего «хвоста», конец которого может протянуться и за пределы барьера. Это значит, что имеется отличная от нуля вероятность обнаружить частицу по другую сторону барьера, т.е. вероятность прохождения частицы сквозь барьер.

Примерами туннельного эффекта могут служить автоионизация атома в сильном электрическом поле и ионизация атома в поле сильной электромагнитной волны. Туннелированием объясняется альфа-распад радиоактивных ядер, автоэлектронная эмиссия, эффекты Джозефсона и т.п.

тупик / blind alley, dead end, deadlock // Sackgasse *f*: путь, не имеющий продолжения. «Зайти в тупик» / reach a deadlock // in eine Sackgasse geraten.

тупой угол / obtuse angle // stumpfer Winkel: угол, величина которого между 90° и 180° .

тупоугольный / obtuse-angled, obtuse // stumpfwinkelig: в геометрии: тупоугольный треугольник — треугольник, один из углов которого тупой (больше 90°).

турбулентность / turbulence // Turbulenz *f*: явление образования многочисленных вихрей разных размеров, наблюдаемое в потоках жидкости или газа. В отличие от ламинарного течения, при турбулентном течении жидкости или газа локальные термодинамические характеристики среды (скорость, температура, давление, плотность) испытывают хаотические флуктуации, и потому изменяются от точки к точке и во времени нерегулярно. При этом частицы среды совершают неустойчивые движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемешиванию слоёв жидкости или газа. Большинство течений жидкостей и газов турбулентно как в природе (движение воздуха в земной атмосфере, воды в реках и морях, газа и плазмы в атмосферах Солнца и звёзд и т.д.), так и в технических устройствах (в трубах, каналах, струях, пограничных слоях при обтекании твёрдых тел и т.д.). Турбулентность возникает вследствие гидродинамической неустойчивости ламинарного течения, которое теряет устойчивость и превращается в турбулентное, когда так называемое число Рейнольдса $Re = \rho v l / \mu$ (ρ — плотность, v — скорость потока, l — характерный линейный размер, например, диаметр длинной трубы, μ — вязкость жидкости или газа) превышает некоторое критическое значение (около 2300 для прямой круглой трубы).

тысяча / thousand // tausend, Tausend *n*: число 1000. «Луна удалена от Земли почти на 400 тысяч километров» / the Moon is at a distance

of almost 400 thousand kilometers from the Earth // die Entfernung des Mondes von der Erde ist fast vierhunderttausend Kilometer.

тэ́та-фу́нкция / theta-function // Thetafunktion f : тэта-функцией (одного переменного) называется всякая *целая функция* комплексного переменного z , обладающая периодом ω и квазипериодом τ , $\text{Im}\tau > 0$. Это означает, что тождественно по z выполняются равенства $\theta(z + \omega) = \theta(z)$, $\theta(z + \tau) = qe^{-2\pi ikz}\theta(z)$, где k — натуральное число, называемое порядком тэта-функции, q — постоянное число. Пример: тэта-функция Якоби $\theta(z, \tau) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{\pi i n^2 \tau + 2\pi i n z}$, здесь $\omega = 1$, $k = 1$, $q = e^{-\pi i \tau}$.

Тэта-функции и их обобщения на несколько комплексных переменных находят важные применения в математическом анализе, алгебраической геометрии, теории групп и в теоретической физике.

тяготéние, гравитация / gravitation, gravitational interaction // Gravitation f , Schwerkraft f : одно из четырех фундаментальных взаимодействий, в котором участвуют все без исключения частицы, универсальное взаимодействие между любыми видами материи. Если тела движутся сравнительно медленно (по сравнению со скоростью света c) и если это взаимодействие не слишком сильное, то справедлив *закон всемирного тяготения* Ньютона (см. также *сила тяготения*, *гравитационная постоянная*). В общем случае сильных гравитационных полей и быстрых движений тяготение описывается *общей теорией относительности* (релятивистской теорией тяготения). Эта теория описывает тяготение не как физическое поле, а как воздействие материи на свойства *пространства-времени*, изменяющее его кривизну; в свою очередь вызываемое материей искривление пространства-времени влияет на движение тел и другие процессы.

тяжё́лый / heavy // schwer: имеющий значительную массу или вес. «Тяжёлая вода» / heavy water // schweres Wasser: соединение *дейтерия* с кислородом.

тя́жесть / weight, gravity // Schwierigkeit f : см. *сила тяготения*; центр тяжести (center of gravity // Schwerpunkt m) см. *центр масс*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

У

убыва́ние / decrease // Abnehmen n , Verminderung f : уменьшение.

убыва́ющий / descending, decreasing // fallend: убывающая последовательность $\{x_n\}$ — *последовательность*, каждый член которой не больше предыдущего:

$x_{n+1} \leq x_n$. Строго убывающая последовательность: $x_{n+1} < x_n$. Убывающая (строго убывающая) на интервале (a, b) функция $f(x)$ — функция, обладающая свойством: $f(x_2) \leq f(x_1)$ (соответственно, $f(x_2) < f(x_1)$) при всяких $x_1, x_2 \in (a, b)$, удовлетворяющих неравенству $x_2 > x_1$.

увеличение 1) increase, growth // Zunahme f , Steigerung f , Wachstum n : изменение какой-либо числовой величины от меньших значений к больши́м; 2) increment // Zuwachs m : приращение, малое увеличение; 3) magnification, magnifying power // Vergrößerung f : увеличение *линзы*, объектива; 4) enlargement // Vergrößerung f : увеличение рисунка, фотографии.

углерод / carbon // Kohlenstoff m : элемент *периодической системы химических элементов* (C, номер 6).

угловая ско́рость / angular velocity // Winkelgeschwindigkeit f : векторная величина $\vec{\omega}$, характеризующая быстроту вращения твёрдого тела. При равномерном вращении тела вокруг фиксированной оси величина угловой скорости ω определяется как отношение угла $\Delta\varphi$, на который тело повернулось за промежуток времени Δt , к этому промежутку: $\omega = \Delta\varphi/\Delta t$. В общем случае вращения тела вокруг фиксированной оси ω определяется как скорость изменения угла поворота со временем, т.е. как производная от угла $\varphi(t)$ по времени: $\omega = d\varphi(t)/dt$. Вектор угловой скорости направлен вдоль оси вращения в ту сторону, откуда поворот виден происходящим против часовой стрелки; иначе говоря вектор $\vec{\omega}$ направлен в сторону перемещения оси правого винта, если поворачивать винт в сторону вращения тела. Если направление оси вращения тела в пространстве изменяется со временем, то вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ также меняет направление, будучи направленным в каждый момент времени вдоль *мгновенной оси вращения* тела.

угловая то́чка / corner point, corner, salient point // Eckpunkt m , Knickpunkt m : точка P непрерывной кривой, такая, что существуют предельные положения *касательной* к кривой с обеих сторон от этой точки, но эти предельные положения не совпадают. Например, на графике функции $y = |\sin x|$ точка $(0, 0)$ — угловая точка.

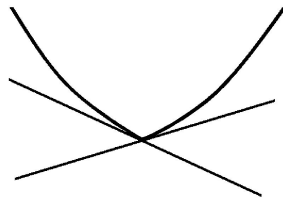


Рис. 175: Угловая точка

углово́е переме́щение / angular displacement // Drehwinkel m : угол

$\Delta\varphi$, на который произошел поворот тела.

угловое ускорение / angular acceleration // Winkelbeschleunigung f : векторная величина, характеризующая быстроту изменения *угловой скорости* вращения твёрдого тела. Угловое ускорение равно производной от вектора угловой скорости по времени: $\vec{\varepsilon} = d\vec{\omega}(t)/dt$. При вращении тела вокруг неподвижной оси вектор $\vec{\varepsilon}$ направлен вдоль оси вращения, причём в ту же сторону, что и $\vec{\omega}$, если вращение ускоренное (т.е. угловая скорость увеличивается), и противоположно $\vec{\omega}$, если вращение замедленное (угловая скорость уменьшается). В общем случае вектор $\vec{\varepsilon}$ в каждый момент времени направлен по касательной к *годографу* вектора угловой скорости в соответствующей его точке.

угловый коэффициент / slope, angular coefficient // Richtungskoeffizient m : коэффициент k в уравнении прямой на плоскости $y = kx + b$. «Уравнение прямой с угловым коэффициентом» / slope-intercept form of the equation of a straight line // Richtungskoeffizientform der Gleichung einer Gerade.

угловой момент / angular momentum // Drehimpuls m : то же, что *момент импульса* или момент количества движения.

угол / angle // Winkel m : в геометрии — фигура, образованная двумя лучами, выходящими из одной точки (вершины угла). Углом также называют часть плоскости, ограниченной указанными лучами.

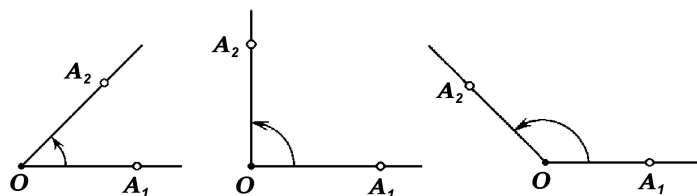


Рис. 176: Угол

См. *острый угол*, *прямой угол*, *тупой угол*, а также *двугранный угол* и *многогранный угол*.

При пересечении двух прямых линий образуются четыре угла.

Названия углов: углы 1 и 3 (а также 2 и 4) — вертикальные углы (vertical angles // Scheitelwinkelpaar n), углы 1 и 2 (а также 2 и 3, 3 и 4, 4 и 1) — смежные углы (adjacent angles // Nebenwinkelpaar n). Вертикальные углы равны; сумма смежных углов равна 180° .

При пересечении двух прямых третьей прямой образуются восемь углов. Углы 4 и 5 (как и углы 3 и 6) называются внутренними односторонними углами (interior opposite angles // innere entgegengesetzte Winkel); углы

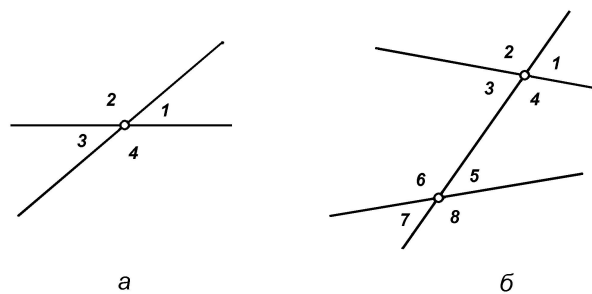


Рис. 177: а - пересечение двух прямых, б - пересечение двух прямых третьей прямой

4 и 6 (как и углы 3 и 5) — внутренними накрест лежащими углами (interior alternate angles // innere Wechselwinkel). Если две параллельные прямые пересечены третьей прямой, то внутренние накрест лежащие углы равны, а сумма внутренних односторонних углов равна 180° .

угол Брюстера / Brewster's angle // Brewsterscher Winkel: угол падения светового луча, при котором отражённый от поверхности *диэлектрика* свет полностью поляризован. Явление полной *поляризации света* при отражении было установлено в 1815 г. английским физиком Д. Брюстером (David Brewster, 1781–1868). Угол Брюстера φ зависит от *показателей преломления* n_1 и n_2 граничащих сред и определяется условием $\operatorname{tg} \varphi = n_2/n_1$. При падении под углом Брюстера компонента падающей волны, поляризованная в плоскости падения, не отражается от границы, а целиком проходит во вторую среду. При этом угол между преломлённым и отражённым лучами равен 90° .

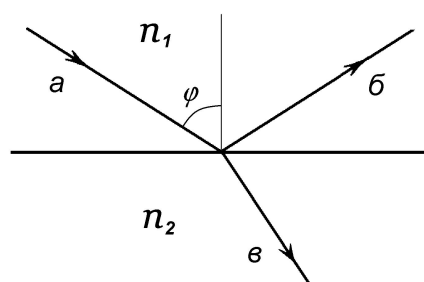


Рис. 178: Угол Брюстера φ . а - падающий луч, б - отраженный луч, в - преломленный луч

угол зрения / angle of view // Gesichtswinkel m : угол θ , под которым сходятся в центре зрачка глаза лучи от крайних точек рассматриваемого предмета.

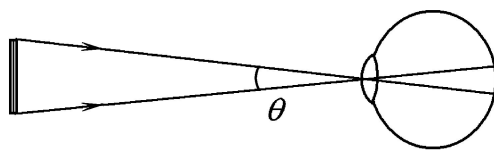


Рис. 179: Угол зрения

у́гол отраже́ния / angle of reflection // Reflexionswinkel m : в геометрической оптике — угол, образуемый отражённым от поверхности лучом с нормалью к отражающей поверхности. Согласно *закону отражения* света, угол отражения равен углу падения.

у́гол паде́ния / angle of incidence // Einfallswinkel m : угол, образуемый падающим на поверхность лучом с нормалью к поверхности.

у́гол преломле́ния / angle of refraction // Refraktionswinkel m , Bruchwinkel m : при падении света на границу прозрачной среды — угол, образуемый прошедшим в среду лучом с нормалью к границе среды.

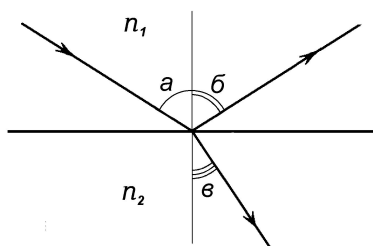


Рис. 180: Углы: а - падения, б - отражения, в - преломления

у́гол рассе́яния / scattering angle // Streuwinkel m : угол θ , на который происходит поворот вектора скорости частицы при столкновении, т.е. угол, на который изменяется направление движения частицы в результате её столкновения с другой частицей или иной преградой.

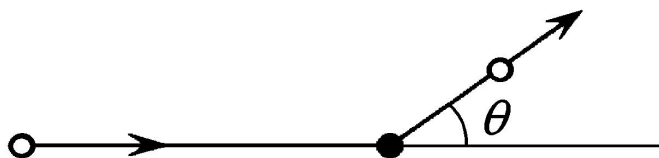


Рис. 181: Угол рассеяния

угол смачивания, краевой угол / wetting angle, angle of contact // Netzenwinkel θ : угол θ между смачиваемой поверхностью и направлением касательной к поверхности жидкости в точке границы жидкости на смачиваемой поверхности, см. *смачивание*.

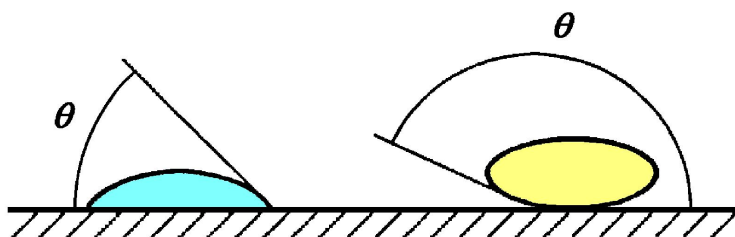


Рис. 182: Угол смачивания

удава́ться / succeed // gelingen: «Нам удалось решить эту задачу» / we succeeded in solving this problem // es ist uns gelungen, dieses Problem zu lösen /// «не удаваться» / fail // misslingen, scheitern /// «студенту не удалось сдать экзамен» / the student failed to pass the examination // dem Student war es misslungen, die Prüfung zu bestehen.

уда́лённый / distant, far, remote // fern, entfernt: далёкий, находящийся на большом расстоянии. «Бесконечно удалённая точка» / point at infinity // unendlich ferner Punkt /// «равноудалённый» / equidistant // gleich entfernt.

уда́р / impact, shock // Schlag m , Stoß m , Kollision f : резкое механическое или иное воздействие; столкновение. «Упругий удар» / elastic impact, elastic collision // elastische Kollision /// «неупругий удар» / inelastic impact, inelastic collision // unelastische Kollision.

уда́рная волна́ / shock wave, shock // Stoßwelle f : распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью тонкая переходная область (скачок уплотнения), в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и скорости вещества. Ударные волны возникают при взрывах, детонации, при сверхзвуковых движениях тел, при мощных электрических разрядах и т.д. Поверхность, которая отделяет сжатую среду от невозмущённой, образует фронт ударной волны.

удва́ивать / double // verdoppeln: увеличивать в два раза. «Формула удвоения» / duplication formula // Verdoppelungsformel f .

уде́льная теплоёмкость / specific heat // spezifische Wärmekapazität: *теплоёмкость*, отнесённая к единице массы тела.

уде́льная теплота́ парообразования́ / specific heat of vaporization // spezifische Dampfbildungswärme: *теплота парообразования*, отнесённая к единице массы тела.

удѣльный / specific // spezifisch: рассчитанный на единичную длину (площадь, объём, массу).

удлинение / elongation, extension // Elongation f , Verlängerung f , Ausdehnung f : увеличение длины тела. В случае упругой деформации простого (одностороннего) растяжения удлинение пропорционально растягивающей силе (закон Гюка).

удлинённый / elongated, extended // verlängert: «удлинённый эллипсоид вращения» / prolate spheroid // langgestrecktes Ellipsoid durch Rotation: результат вращения эллипса вокруг оси, проходящей через оба его фокуса.

удовлетворять / satisfy // erfüllen, genügen: выполнять требования. «Значение $x = 3$ удовлетворяет уравнению (1)» / the value $x = 3$ satisfies the equation (1) // der Wert $x = 3$ erfüllt die Gleichung (1) /// «Функция, удовлетворяющая граничным условиям» / a function satisfying the boundary conditions // eine Funktion, die den Randbedingungen genügt.

уединённая волна, солитон / solitary wave, soliton // Soliton n : волновое движение, которое в каждый момент времени локализовано в конечной области пространства и не изменяет или относительно медленно меняет свою структуру в процессе распространения. Типичная уединённая волна имеет вид одиночного импульса или перепада, но может иметь и более сложную структуру. (См. также *солитон*).

уединённый / isolated, solitary // abgeschieden, isoliert: удалённый от других объектов, например, уединённый заряд.

узел 1) node, nodal singularity // Knotenpunkt m : для автономной системы дифференциальных уравнений $x' = f(x, y)$, $y' = g(x, y)$ или равносильного уравнения $g(x, y)dx = f(x, y)dy$ — такая особая точка, к которой сходятся все фазовые траектории, причём каждая траектория имеет определённую предельную касательную. Примеры: уравнение $2ydx = xdy$, траектории $y = Cx^2$; уравнение $(x + y)dx = xdy$, траектории $y = x \ln |x| + Cx$.

2) knot // Knoten m : в топологии — вложение в трёхмерное пространство одномерного многообразия, имеющего зацепление, например, трилистник и узел Листинга.

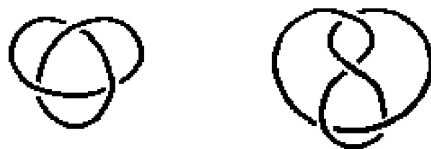


Рис. 183: Узлы в топологии: трилистник, узел Листинга

у́зел интерполя́ции / interpolation node // Stützstelle f , Interpolationpunkt m : при *интерполяции* — точка, заданная в таблице.

у́зел се́тки / mesh point, node of a network // Gitterpunkt m : в *разностных методах* — узловая точка сетки.

у́зел стоя́чей волны́ / node of a standing wave // Knotenpunkt der stehenden Welle, Schwingungsknoten m : в *стоячей волне* — точка, остающаяся неподвижной, т.е. точка, в которой амплитуда колебаний равна нулю.

узкополю́сный сигна́л / narrow-band signal // Schmalbandsignal n : модулированное колебание (например, электромагнитная волна), спектр которого занимает узкий интервал частот, т.е. ширина этого интервала мала по сравнению с несущей частотой.

узловóй / nodal // Knoten=: связанный с узлами *сетки* (2). «Узловой вопрос» / main question // Grundfrage f , Kernproblem n .

ука́занный / mentioned, pointed out // genannt, erwähnt: упомянутый.

укла́дка: то же, что *упаковка*.

ультрагиперболи́ческое уравне́ние / ultrahyperbolic equation // ultrahyperbolische Gleichung: линейное *дифференциальное уравнение с частными производными* 2-го порядка с n ($n \geq 4$) независимыми переменными называется ультрагиперболическим, если *матрица* его коэффициентов при вторых производных имеет m положительных и $n-m$ отрицательных *собственных чисел*, где $2 \leq m \leq n-2$. Пример: $u_{tt} + u_{\tau\tau} - u_{xx} - u_{yy} = 0$.

ультразвúк / ultrasound // Ultraschall m : упругие (звуковые) волны частоты выше 20 кГц, не воспринимаемые ухом человека. Малая длина ультразвуковых волн позволяет в ряде случаев рассматривать их распространение методами геометрической акустики, вводя представление о звуковых лучах. При этом можно говорить о преломлении (рефракции), отражении и фокусировке звуковых лучей. Ультразвук широко применяется в технологических процессах, медицине, промышленности.

ультразвуко́вый / ultrasonic // Ultraschall=: связанный или работающий с ультразвуком.

ультракорóткие во́лны [сокр: УКВ] / ultrashort waves // Ultrakurzwellen pl [сокр: UKW]: *электромагнитные волны* длиной от 10 сантиметров до 1 метра (дециметровые волны) и от 1 метра до 10 метров (метровые волны).

ультрафиолéтовое излу́чение / ultraviolet radiation // Ultraviolettstrahlung f : не видимое глазом электромагнитное излучение, занимающее широкую спектральную область между видимым и рентгеновским излучением в пределах длин волн от 400 до 10 нм. При взаимодействии ультрафиолетового излучения с веществом могут происходить *ионизация* атомов (фотоионизация) и *фотоэффект*. Оптические свойства многих веществ в ультрафиолетовой

области спектра значительно отличаются от их оптических свойств в видимой области. Большинство тел, прозрачных в видимой области, поглощают ультрафиолетовое излучение. Большие дозы ультрафиолетового облучения могут вызвать у человека повреждение глаз и ожог кожи.

ум / intellect, mind // Verstand *m*, Sinn *m*, Intellekt *m*: способность мозга мыслить, разум. «Склад ума» / mentality // Mentalität *f*, Denkweise *f* /// «считать в уме» / mentally count // im Kopf rechnen.

уменьшаемое / minuend // Minuend *m*: при вычитании: в выражении $a - b$ число a — уменьшаемое.

уменьшить в два ра́за / bisect, divide in half // halbieren: заменить данную величину её половиной; разделить на два.

умёренный / moderate, temperate // mäßig, gemäßigt: «обобщённая функция умеренного роста» / tempered distribution, tame distribution // gemäßigte Distribution /// «умеренный климат» / temperate climate // mildes Klima, gemäßigtes Klima.

умножа́ть / multiply // multiplizieren: выполнять *умножение*. «Умножим x на 3» / we multiply x by 3 // wir multiplizieren x mit 3.

умноже́ние / multiplication // Multiplikation *f*: умножение чисел — одна из основных арифметических операций — сопоставляет двум числам a и b («сомножителям») число c («произведение»), обозначаемое $a \times b$ или $a \cdot b$; в буквенных выражениях знак умножения обычно опускают. Умножение *натуральных чисел* сводится к сложению: $a \cdot n = a + a + \dots + a$ (n слагаемых). Произведение *рациональных чисел* определяется формулой $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$. Произведение *иррациональных чисел* вводится как предел произведения их рациональных приближений. Для *комплексных чисел* $a + ib$ и $x + iy$ умножение определяется правилом $ax - by + i(bx + ay)$. Умножение чисел коммутативно, ассоциативно и дистрибутивно относительно сложения. В множестве *матриц* умножение не коммутативно.

уна́рная опера́ция / unary operation // 1-stellige Operation, 1-äre Operation: операция, применяемая к одному объекту (операнду), например, знак минус перед числом, знак транспонирования матрицы, *логическая* операция $\neg$ («не»).

универса́льный / universal // universell, Universal=: всеобщий, пригодный для всех случаев.

университе́т / university // Universität *f*: высшее учебно-научное заведение, подготавливающее высококвалифицированных специалистов по различным отраслям науки. Старейшие университеты: Болонский в Италии (12-й век), Оксфордский в Англии (12-й век), Парижский во Франции (13-й век). Университет состоит из нескольких факультетов (математики, физики, химии, биологии, геологии, истории и т.д.). Каждый факультет возглавляется деканом, избираемым из числа профессоров

факультета. Факультет состоит из нескольких кафедр, управляемых заведующими кафедрами. Глава университета — избираемый Советом университета ректор. Срок обучения студентов — от 5 до 6 лет. По окончании университета специалист сдаёт государственные экзамены, защищает дипломную работу и получает диплом; далее возможно продолжать обучение в аспирантуре. В некоторых университетах по окончании четырёхлетнего цикла обучения студент получает степень бакалавра; в случае продолжения обучения до 6 лет — степень магистра.

унитарная матрица / unitary matrix // unitäre Matrix: квадратная матрица называется унитарной матрицей, если её эрмитово-сопряжённая матрица совпадает с её обратной матрицей: $A^* = A^{-1}$. У унитарной матрицы попарно ортогональны столбцы: $\sum_{s=1}^n a_{sj} \bar{a}_{sk} = \delta_{jk}$ и строки: $\sum_{s=1}^n a_{js} \bar{a}_{ks} = \delta_{jk}$, где δ_{jk} — символ Кронекера. Модуль определителя унитарной матрицы равен 1. Если все элементы унитарной матрицы — вещественные числа, то матрица является ортогональной матрицей.

унитарное преобразование / unitary transformation // unitäre Transformation: линейное преобразование $\vec{z} = U\vec{x}$ в унитарном пространстве X , сохраняющее скалярное произведение: $(U\vec{x}, U\vec{y}) = (\vec{x}, \vec{y})$ для любых $\vec{x}, \vec{y} \in X$. В конечномерном унитарном пространстве E^n векторов-столбцов унитарное преобразование задаётся унитарной матрицей U . См. также ортогональное преобразование.

унитарное пространство / unitary space // unitärer Raum: векторное пространство, в котором допускается умножение элементов на комплексные числа и на котором определено комплексное скалярное произведение.

унитарный / unitary // unitär: а) квадратная матрица U (вообще говоря, с комплексными элементами) называется унитарной, если её эрмитово-сопряжённая матрица совпадает с её обратной матрицей: $U^* = U^{-1}$. Столбцы унитарной матрицы (также и строки) попарно ортогональны:

$$\sum_{s=1}^n u_{sj} \bar{u}_{sk} = \sum_{s=1}^n u_{js} \bar{u}_{ks} = \delta_{jk},$$

где δ_{jk} — символ Кронекера. Унитарная матрица, все элементы которой — действительные числа, является ортогональной матрицей.

б) В гильбертовом пространстве H линейный оператор U , определённый на всём H , называется унитарным, если его сопряжённый совпадает с его обратным: $U^* = U^{-1}$. Унитарный оператор сохраняет скалярное произведение: $(x, y) = (Ux, Uy)$ для любых $x \in H, y \in H$. Пример унитарного оператора: оператор Фурье в пространстве $L_2(-\infty, +\infty)$.

униформизация / uniformization // Uniformisierung f : в теории аналитических функций: введение в окрестности точки ветвления z_0 функции $f(z)$ такой вспомогательной переменной t , чтобы отображение $w(t) = f(z(t))$ было однозначным (локальная униформизация). Пример: $f(z) = \sqrt{z(1-z)}$,

$z_0 = 0$, $z = t^2$, $f(z(t)) = t\sqrt{1-t^2} = t - \frac{1}{2}t^3 - \frac{1}{8}t^5 - \dots$, $|t| < 1$. Проблема глобальной униформизации связана с теорией *римановых поверхностей*.

у́нция / ounce // Unze f : единица массы в *английской системе единиц*, равная $1/16$ *фунта* $\approx 28,35$ г; аптекарская, или тройская, унция $\approx 31,103$ г.

упако́вка / packing // Packung f : в геометрии — укладывание геометрических фигур (без пересечений) внутри какой-либо области. В теории *множеств*: говорят, что множества $M_1, M_2, \dots$ упакованы в множестве M , если $M_i \cap M_k = \emptyset$, $M_i \subset M$, $i = 1, 2, \dots$.

упо́рядочение / arrangement, ordering // Anordnung f : расположение объектов в определённом порядке. «Частичное упорядочение» / partial ordering // Halbordnung f .

упо́рядоченное мно́жество / ordered set // geordnete Menge: *множество*, в котором задан некоторый порядок. Порядком в данном случае называется *отношение (1)* (обычно обозначаемое символом $\leq$) между парами элементов, обладающее свойствами: (1) $a \leq a$ (рефлексивность), (2) если $a \leq b$ и $b \leq c$, то $a \leq c$ (транзитивность), (3) если $a \leq b$ и $b \leq a$, то $a = b$ (антисимметричность).

Частично упорядоченное множество (partially ordered set / halbgeordnete Menge) — множество M , для некоторых пар элементов которого задан порядок. Примеры: множество целых чисел, где запись $a \leq b$ означает, что b делится нацело на a ; множество *вещественных* функций на отрезке $[0, 1]$, где запись $f \leq g$ означает, что $f(x) \leq g(x)$ при всех $x \in [0, 1]$; множество подмножеств фиксированного множества, где запись $A \leq B$ означает $A \subseteq B$.

Линейно упорядоченное множество, или цепь (linearly ordered set, chain // Kette f , linear [oder: vollständig, oder: konnex] geordnete Menge) — множество, для любой пары элементов которого задан порядок, например, множество действительных чисел с упорядочением по величине.

Вполне упорядоченное множество (well-ordered set // wohlgeordnete Menge) — линейно упорядоченное множество M , в котором любое непустое подмножество P имеет минимальный элемент $a \in P$, т.е. $a \leq x$ для любых $x \in P$. Например, множество натуральных чисел вполне упорядочено, а множество целых чисел — нет, так как подмножество отрицательных целых чисел не имеет наименьшего.

упо́рядоченный / ordered // geordnet: приведённый в определённый порядок, например, конечная последовательность действительных чисел, расположенных в порядке возрастания.

употребле́ние / use, usage, application // Gebrauch m , Anwendung f , Verwendung f : применение, использование.

управле́ние 1 / control // Steuerung f : управление механизмом, процессом.

«Дистанционное управление» / remote control // Fernbedienung f [бытовыми приборами, аппаратами], Fernsteuerung f [ракетами, самолётами и т.п.].

управлѐние 2 / control // Steuerung f : понятие из математической теории оптимального управления. Одна из простейших задач этой теории: рассматривается *система обыкновенных дифференциальных уравнений* $x' = f(x, y, u)$, $y' = g(x, y, u)$ с начальными данными $x(t_0) = x_0$, $y(t_0) = y_0$. Здесь t — независимая переменная (обычно называемая временем), $t_0 \leq t \leq t_1$, $f(x, y, u)$ и $g(x, y, u)$ — заданные, а $x(t)$ и $y(t)$ — искомые функции, $u = u(t)$ — параметр, называемый управлением. Кривые $x = x(t)$, $y = y(t)$ на плоскости Oxy называются фазовыми траекториями (см. также *автономная система*). Значения управления могут быть выбраны произвольно из некоторой допустимой области; от этого выбора зависит вид фазовых траекторий. Кроме данной системы, рассматривается некоторый *функционал* $J[x, y]$, например, $J[x, y] = ax(t_1) + by(t_1)$ с заданными числами a, b . Задача оптимального управления: требуется найти управление $u(t)$ такое, чтобы функционал J имел минимальное значение.

управлѐние 3 / management, administration // Verwaltung f , Leitung f : руководство; администрация.

управляющий 1) [прилагательное] / controlling, guiding, directing // etwas, das steuert: «управляющий сигнал» / controlling signal // ein Signal, das steuert; 2) [существительное] / manager, director // Verwalter m , Leiter m , Manager m : директор, руководитель, распорядитель, менеджер.

упрощать / simplify // vereinfachen: уменьшать сложность; отбрасывать несущественные детали. «Упростить выражение» / reduce an expression // einen Ausdruck vereinfachen: в математике — преобразовать данное выражение в равносильное выражение, имеющее более простой вид, например, $a^2 + (x - \sqrt{a})(x + \sqrt{a})(x^2 + a) = x^4$.

упрощѐние / simplification // Vereinfachung f : «новые обозначения приводят к значительному упрощению формул» / new notations give rise to significant simplification of the formulae // die neuen Bezeichnungen führen zu einer bedeutenden Vereinfachung der Formeln.

упрощѐнный / simplified // vereinfachend: упрощѐнный подход — более простой, более грубый. «Упрощѐнный метод касательных» / simplified Newton's method // vereinfachendes Newtonsches Verfahren: то же, что *модифицированный метод Ньютона*.

упру́гая средá / elastic medium // elastisches Medium: материал, способный изменять форму и размеры под действием механических нагрузок и самопроизвольно восстанавливать исходную конфигурацию при прекращении внешних воздействий.

упру́гие деформáции / elastic deformations // elastische Deformationen, elastische Verformungen: в твёрдых телах деформации называются

упругими, если они исчезают после снятия нагрузки, вызвавшей деформацию. В противном случае деформация называется пластической.

упру́гие во́лны / elastic waves // elastische Wellen: упругие возмущения, распространяющиеся в твёрдой, жидкой и газообразной средах, например, звуковые и ультразвуковые волны, сдвиговые волны в земной коре, возникающие при землетрясениях и т.п. Распространение упругих волн в среде связано с возникновением механических деформаций сжатия и сдвига, которые переносятся из одной точки среды в другую. При этом происходит перенос энергии упругой деформации без переноса вещества. Жидкости и газы не обладают упругостью формы, т.е. при сдвиговых напряжениях они оказывают вязкое сопротивление; поэтому в них могут распространяться только продольные волны растяжения и сжатия, в которых колебания частиц происходят вдоль направления распространения волны. В однородной изотропной твёрдой среде могут распространяться как продольные, так и поперечные, или сдвиговые, волны. В сдвиговых волнах колебания частиц происходят перпендикулярно направлению распространения волны.

Фазовая скорость упругих волн в однородной безграничной среде не зависит от частоты, т.е. для них отсутствует *дисперсия*. На границе твёрдой упругой среды могут распространяться упругие поверхностные волны более сложной структуры. В ограниченных твёрдых телах, таких как пластины, стержни, могут распространяться нормальные волны разной геометрии, фазовая скорость которых зависит от длины волны. В цилиндрических стержнях могут распространяться нормальные волны трёх типов: продольные, изгибные и крутильные.

упру́гий стёржень / elastic bar [or: rod] // elastischer Stab: удлинённое тело из упругого материала, поперечные размеры которого значительно меньше его длины.

упру́го-вязкий, вязкоупругий / viscoelastic // viskoelastisch: вязкоупругие твёрдые вещества (некоторые полимеры, пластмассы) могут быть как упругими, так и вязкими: при кратковременных нагрузках их деформация практически полностью исчезает после снятия нагрузки; при длительном действии нагрузки вязкоупругие тела обнаруживают ползучесть.

упру́гое те́ло / elastic body // elastischer Körper: в механике — идеализированная модель твёрдого тела, в которой принимается точное выполнение *закона Гука* (пропорциональность между деформациями и вызывающими их напряжениями).

упругопластические во́лны / elastoplastic waves // elastoplastische Wellen: волны в деформируемом твёрдом теле, при прохождении которых амплитуда деформации превосходит предел упругости вещества, и в нём возникают пластические деформации. После прохождения упругопластической волны в веществе сохраняются *остаточные деформации*.

упругость / elasticity // Elastizität f : свойство тел изменять форму и размеры под действием приложенных механических нагрузок и самопроизвольно восстанавливать исходную конфигурацию при прекращении внешних воздействий. Упругость тел обусловлена силами взаимодействия между атомами, из которых они построены. В твёрдых телах в отсутствие внешних напряжений атомы занимают равновесные положения, которым отвечает минимум потенциальной энергии системы. Под действием внешних напряжений атомы смещаются из своих равновесных положений, а совершаемая внешними силами работа равна увеличению потенциальной энергии упругой деформации. Во многих материалах при малых деформациях зависимость между напряжениями и деформациями можно считать линейной и описываемой *законом Гука*. Жидкости и газы не обладают упругостью формы — для них характерна только упругость объёма: уменьшение объёма пропорционально приложенному давлению.

уравнение / equation // Gleichung f : в математике — равенство двух (не тождественно равных) функций: $f(x) = g(x)$. Здесь x означает одну или несколько переменных («неизвестное»), $f(x)$ и $g(x)$ — заданные функции, при этом $f(x)$ называется левой частью, $g(x)$ — правой частью уравнения. Область определения уравнения — общая часть *областей определения* функций $f(x)$ и $g(x)$. Значения x , при которых равенство истинно, или справедливо, называются решениями или корнями уравнения. Например, $x = 2$ — корень уравнения $x^3 = 8$. В случае, когда f и g — векторные функции, говорят о *системе уравнений* и о решениях системы, например, пара чисел $x = 2$, $y = 1$ — решение системы уравнений $x + y = 3$, $x - y = 1$. Решить уравнение означает найти все его решения. Два уравнения называются равносильными, если совпадают их области определения, а также множества решений. См. также *дифференциальное уравнение* и *интегральное уравнение*.

В физике термин «уравнение» употребляется также как формула, выражающая зависимость между физическими величинами, например, *уравнение Клапейрона–Менделеева*.

«В левой части уравнения» / on the left(-hand) side of the equation // in der linken Seite der Gleichung /// «мы приводим уравнение к виду (1)» / we reduce the equation to form (1) // wir umformen die Gleichung zur Form (1) /// «решать уравнение» / to solve the equation // lösen die Gleichung /// «эта функция удовлетворяет уравнению (1)» / this function satisfies equation (1) // diese Funktion erfüllt die Gleichung (1).

уравнение Бернулли 1 / Bernoulli equation // Bernoullische Gleichung: в математике — обыкновенное дифференциальное уравнение вида $y' + p(x)y = q(x)y^m$, где $y(x)$ — искомая функция, x — независимая переменная, $p(x)$, $q(x)$ — заданные функции, m — заданное число, $m \neq 1$.

Уравнение Бернулли сводится к *линейному дифференциальному уравнению 1-го порядка* подстановкой $z = y^{1-m}$.

уравнение Берну́лли 2 / Bernoulli equation // Bernoullische Gleichung: в физике (в гидродинамике) уравнение Бернулли (выведенное швейцарским ученым Д. Бернулли (Daniel Bernoulli, 1700–1782)) фактически выражает для движущейся жидкости закон сохранения механической энергии. При установившемся движении несжимаемой идеальной жидкости в однородном поле тяжести уравнение Бернулли выражает связь давления p , плотности ρ и скорости течения v :

$$gh + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = C,$$

где g — ускорение свободного падения, h — высота рассматриваемой точки линии тока над некоторой горизонтальной плоскостью, C — величина, постоянная на каждой *линии тока* (но её значение может изменяться при переходе от одной линии тока к другой).

уравнение Бэ́сселя / Bessel equation // Besselsche Differentialgleichung: *обыкновенное дифференциальное уравнение* $x^2 y'' + xy' + (x^2 - n^2)y = 0$, где $y(x)$ — искомая функция, x — независимая переменная, n — заданное число, называемое индексом. Уравнение Бесселя возникает при *разделении переменных (2)* в *уравнении Лапласа в цилиндрических координатах*. Точка $x = 0$ — *регулярно особая точка уравнения*. Решения уравнения называются *функциями Бесселя*, или цилиндрическими функциями.

уравнение биквадратное: см. *биквадратное уравнение*.

уравнение Бо́льцмана, кинетическое уравнение / Boltzmann equation // Boltzmannsche Gleichung: в физической кинетике — интегродифференциальное уравнение, которому удовлетворяют неравновесные одночастичные функции распределения систем из большого числа частиц, например, *функция распределения* молекул газа по координатам и скоростям, функции распределения электронов в металле, фононов в кристалле и т.п. Уравнение Больцмана представляет собой основное уравнение микроскопической теории неравновесных процессов, в частности кинетической теории газов.

уравнение Ван-дер-Ва́альса / Van der Waals equation // Van der Waals-Gleichung f : в физике (в термодинамике): приближённое уравнение состояния реальных газов. Предложено в 1873 г. голландским физиком Ван-дер-Ваальсом (Johannes Diderik van der Waals, 1837–1923). Для одного моля газа оно имеет вид $(p + a/V_\mu^2)(V_\mu - b) = RT$, где p — давление, T — абсолютная температура, V_μ — молярный объём, R — универсальная газовая постоянная, а постоянные a и b определяются опытным путем таким образом, чтобы уравнение наилучшим образом описывало поведение реального газа. Член a/V_μ^2 имеет размерность давления и учитывает

притяжение молекул в результате межмолекулярного взаимодействия; константа b — поправка на собственный объём молекул, учитывающая отталкивание молекул на близких расстояниях. Для достаточно разреженных газов поправками, связанными с взаимодействием молекул, можно пренебречь ($a = b = 0$), и уравнение Ван-дер-Ваальса переходит в уравнение состояния идеального газа — *уравнение Клапейрона–Менделеева*.

уравнение вековое: то же, что *характеристическое уравнение*.

уравнение волновое: см. *волновое уравнение*.

уравнение Вольтерра / Volterra equation // Volterrasche Integralgleichung: *интегральное уравнение* вида $py(x) = f(x) + \int_a^x K(x, \xi, y(\xi)) d\xi$, где p равно 0 или 1.

уравнение в полных дифференциалах / exact differential equation // exakte Differentialgleichung: *обыкновенное дифференциальное уравнение* 1-порядка вида $P(x, y)dx + Q(x, y)dy = 0$ при условии, что выполняется равенство $\frac{\partial P}{\partial y} \equiv \frac{\partial Q}{\partial x}$. При данном условии левая часть уравнения есть полный дифференциал некоторой функции $u(x, y)$: $Pdx + Qdy = du$, при этом $P = \frac{\partial u}{\partial x}$, $Q = \frac{\partial u}{\partial y}$. Функция $u(x, y)$ представляет собой *потенциал* векторного поля $\vec{F} = (P, Q)$ и может быть найдена при помощи *криволинейного интеграла* 2-го рода. Общий интеграл дифференциального уравнения имеет вид $u(x, y) = C$, где C — произвольная постоянная.

уравнение в частных производных: см. *дифференциальное уравнение*.

уравнение Гамильтона–Якоби / Hamilton-Jacobi equation // Hamilton-Jacobische Differentialgleichung, Eikonalgleichung f : в *вариационном исчислении* — дифференциальное уравнение в частных производных, которому удовлетворяет функция действия S (см. *функция Гамильтона*): $\frac{\partial S}{\partial x} = H(x, y, \frac{\partial S}{\partial y})$.

уравнение Гельмгольца / Helmholtz equation // Helmholtz-Gleichung f : *дифференциальное уравнение* с частными производными 2-го порядка $\Delta u + k^2 u = 0$, где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ — *оператор Лапласа*, k — заданное постоянное число, $u(x, y, z)$ — искомая функция. Уравнение Гельмгольца — *эллиптического типа*. Если решение $U(x, y, z, t)$ *волнового уравнения* $a^2 \Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}$ гармонически зависит от времени: $U = u(x, y, z)e^{iakt}$, то его амплитудный множитель $u(x, y, z)$ удовлетворяет уравнению Гельмгольца. Поэтому уравнение Гельмгольца называют также *стационарным волновым уравнением*. Частные решения уравнения Гельмгольца вида $u = Ae^{i(k_1 x + k_2 y + k_3 z)}$, где A, k_1, k_2, k_3 — постоянные, причём $k_1^2 + k_2^2 + k_3^2 = k^2$, представляют собой *плоские волны*.

уравнение гиперболическое: см. *гиперболическое уравнение*.

уравнение Дирака / Dirac equation // Diracsche Gleichung: *релятивистское*

дифференциальное уравнение для волновой функции свободной частицы со спином $\frac{1}{2}$ (электрон, мюон и др.), описывающее изменение её состояния со временем. Так как волновая функция частицы со спином $\frac{1}{2}$ состоит из четырёх компонент (биспинор), уравнение Дирака имеет вид системы четырёх дифференциальных уравнений первого порядка. Получено английским физиком П. Дираком в 1928 г.

уравнение дифференциальное: см. *дифференциальное уравнение*.

уравнение диффузии / diffusion equation // Diffusionsgleichung f : дифференциальное уравнение с частными производными $\frac{1}{a^2} \frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u - qu$, где Δ — оператор Лапласа, a, q — заданные числа, $q \geq 0$ — коэффициент поглощения частиц, $u(x, y, z, t)$ — искомая функция, имеющая смысл количества частиц, участвующих в процессе диффузии. Уравнение диффузии — *параболического типа*. В частном случае $q = 0$ уравнение диффузии называется *уравнением теплопроводности*.

уравнение интегральное: см. *интегральное уравнение*.

уравнение квадратное: см. *квадратное уравнение*.

уравнение Клапейрона–Менделеева / Clapeyron-Mendeleev equation // Clapeyron-Mendeleev-Gleichung f : в физике (в термодинамике): уравнение состояния *идеального газа*, выражающее связь между давлением, объёмом и температурой газа в состоянии термодинамического равновесия. Установлено в 1834 г. французским учёным Б. Клапейроном (Benoit Paul Emile Clapeyron, 1799–1864). В 1874 г. Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907) вывел уравнение состояния для одного моля газа, которое имеет вид $pV_\mu = RT$, где p — давление, T — абсолютная температура, V_μ — молярный объём, R — универсальная газовая постоянная. См. также *уравнение Ван-дер-Ваальса*.

уравнение класса Фукса / Fuchs-type equation, equation with regular singular points // Differentialgleichung der Fuchsschen Klasse: *обыкновенное дифференциальное уравнение* $w''(z) + p(z)w'(z) + q(z)w(z) = 0$ называется уравнением класса Фукса, если все его *особые точки* на *расширенной комплексной плоскости* z являются *регулярно особыми точками*. Уравнение класса Фукса с двумя особыми точками является *уравнением Эйлера*; уравнение с тремя особыми точками подробно исследовано *Риманом* и Е. Папперицем (Erwin Johannes Papperitz, 1857–1938), и называется обычно уравнением Римана.

уравнение Клейна–Гордона / Klein-Gordon equation // Klein-Gordon-Differentialgleichung: релятивистски инвариантное квантовое уравнение, описывающее бесспиновые скалярные или псевдоскалярные частицы, например, π -мезоны, K -мезоны. Уравнение Клейна–Гордона — *линейное дифференциальное уравнение* с частными производными 2-го порядка $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \mu^2 u = \Delta u$, где

Δ — оператор Лапласа, c — скорость света в вакууме, $\mu = mc/\hbar$, m — масса покоя частиц, $\hbar$ — постоянная Планка, $u(\vec{x}, t)$ — (псевдо)скалярная функция. Если u — действительная (или комплексная) функция, то уравнение описывает нейтральные (соответственно, заряженные) (псевдо)скалярные частицы.

уравнение Клеро / Clairaut equation // Clairautsche Differentialgleichung: обыкновенное дифференциальное уравнение 1-го порядка: $y = xy' + f(y')$, где $f(t)$ — заданная нелинейная функция. Общее решение — семейство прямых линий (*) $y = Cx + f(C)$, где C — произвольная постоянная. Если $f'(t)$ непрерывна и $f' \neq 0$, $t \in (a, b)$, то существует особое решение, заданное параметрически в виде $x = -f'(t)$, $y = f(t) - tf'(t)$, $a < t < b$; эта кривая — огибающая семейства (*). Уравнение Клеро — частный случай уравнения Лагранжа.

уравнение колебаний маятника / equation of pendulum oscillations // Differentialgleichung des schwingenden Pendels: обыкновенное дифференциальное уравнение, описывающее движение математического маятника и физического маятника. Уравнение имеет вид $\ddot{\varphi} + \omega^2 \sin \varphi = 0$, где $\varphi(t)$ — мгновенное значение угла отклонения из положения равновесия. В этом уравнении величина ω имеет смысл круговой частоты собственных колебаний предельно малой амплитуды. К уравнению маятника приводятся многие задачи в разных разделах современной физики.

уравнение колебаний мембраны / equation of an oscillating membrane // Differentialgleichung der schwingenden Membran: дифференциальное уравнение с частными производными 2-го порядка $\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$, где a — заданное число, $u(x, y, t)$ — искомая функция, имеющая смысл величины (малого) отклонения мембраны от плоской формы. Уравнение колебаний мембраны — гиперболического типа; оно называется также двумерным волновым уравнением.

уравнение колебаний струны / equation of an oscillating string // Differentialgleichung der schwingenden Saite: дифференциальное уравнение с частными производными 2-го порядка $\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, где x — координата вдоль струны, t — время, $u(x, t)$ — искомая функция, имеющая смысл величины мгновенного отклонения точек струны от своих равновесных положений, a — постоянная величина, имеющая смысл скорости распространения волн в струне: $a = T/\rho$, где T — сила натяжения струны, ρ — линейная плотность струны. Данное уравнение — гиперболического типа; оно называется также одномерным волновым уравнением. Его общее решение имеет вид $u = \phi(x - at) + \psi(x + at)$, где $\phi(\tau)$ и $\psi(\tau)$ — произвольные дважды дифференцируемые функции. Физический смысл такого решения — сумма двух волн, бегущих вдоль струны со скоростью a во взаимно противоположных

направлениях. См. также *формула Даламбера*.

уравнение Кортевега–де-Фриса, КдФ-уравнение / Kortevég-de Vries equation // Kortevég-de Vries-Gleichung f : нелинейное дифференциальное уравнение с частными производными $\frac{\partial u}{\partial t} - 6u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$, где $-\infty < x, t < \infty$, $u(x, t)$ — искомая функция. Уравнение описывает распространение волн на мелкой воде, в частности, *солитонов*.

уравнение кубическое: см. *кубическое уравнение*.

уравнение Лагранжа / Lagrange equation // Lagrangesche Differentialgleichung: обыкновенное дифференциальное уравнение 1-го порядка: $a(y')x + b(y')y + c(y') = 0$, где $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$ — заданные функции. Уравнение решается методом введения параметра: преобразуем уравнение к виду $y = xf(y') + g(y')$ и введём параметр $p = y'$, тогда $y = xf(p) + g(p)$. Возьмём полный дифференциал от обеих частей этого уравнения, учитывая, что $dy = p dx$; получается уравнение $(p - f(p)) \frac{dx}{dp} - f'(p)x = g'(p)$, в котором p — независимая переменная, $x(p)$ — неизвестная функция. Решая его (см. *линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка*), получаем $x = \phi(p, C)$, где C — произвольная постоянная. Общее решение исходного уравнения получено в параметрической форме: $x = \phi(p, C)$, $y = f(p)\phi(p, C) + g(p)$. Если p_0 — изолированный корень уравнения $p = f(p)$, то $y = xf(p_0) + g(p_0)$ — тоже решение, которое может оказаться *особым решением*. См. также *уравнения Лагранжа*.

уравнение Лапласа / Laplace equation // Laplace-Gleichung f : дифференциальное уравнение с частными производными 2-го порядка $\Delta u = 0$, где Δ — оператор Лапласа, u — искомая функция.

уравнение Матьё / Mathieu equation // Mathieusche Differentialgleichung: линейное обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка вида $d^2y/dx^2 + (a + b \cos 2x)y = 0$ с действительными постоянными параметрами a и b ; частный случай *уравнения Хилла* — линейного дифференциального уравнения с периодическими коэффициентами.

уравнение Менделёева–Клапейрона: см. *уравнение Клапейрона–Менделеева*.

уравнение неразрывности / equation of continuity // Kontinuitätsgleichung f : одно из основных уравнений гидродинамики, выражающее закон сохранения массы для любого объёма движущейся жидкости (или газа): $\partial \rho / \partial t + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$, где ρ — плотность жидкости, $\vec{v}$ — её скорость в данной точке в момент времени t .

уравнение относительно x и y / equation in x and y // Gleichung in x und y : уравнение вида $f(x, y, z, \dots, a, b, \dots, p) = 0$, рассматриваемое как уравнение с двумя неизвестными x и y , при этом все остальные буквенные величины, входящие в уравнение, считаются известными, т.е.

заданными.

уравнение параболическое: см. *параболическое уравнение*.

уравнение приведённое: см. *приведённое уравнение*.

уравнение Пуассона / Poisson equation // Poissonsche Gleichung: дифференциальное уравнение с частными производными $\Delta u = -f(x, y, z)$, где Δ — оператор Лапласа, $u(x, y, z)$ — искомая функция, $f(x, y, z)$ — заданная функция. При $f(x, y, z) \equiv 0$ уравнение Пуассона называется *уравнением Лапласа*. Уравнению Пуассона удовлетворяет, в частности, *ньютонов потенциал* поля тяготения, созданного массами, распределёнными в пространстве с заданной плотностью $\rho(x, y, z)$, при этом $f(x, y, z) = 4\pi G\rho(x, y, z)$, где G — *постоянная тяготения*.

уравнение разностное / difference equation // Differenzengleichung f : см. *разностный метод*.

уравнение Риккати / Riccati equation // Riccatische Differentialgleichung: обыкновенное дифференциальное уравнение 1-го порядка: $y' + a(x)y + b(x) = c(x)y^2$, где $a(x)$, $b(x)$, $c(x)$ — заданные функции. В общем случае уравнение Риккати не решается в *квадратурах*. Если же известно какое-нибудь частное решение $y_0(x)$, то подстановка $y = y_0 + z$ сводит уравнение Риккати к *уравнению Бернулли (1)*: $z' + [a(x) - 2c(x)y_0(x)]z = c(x)z^2$.

уравнение синус-Гордона (уравнение sin-Гордона) / sine-Gordon equation // Sinus-Gordon-Gleichung f : нелинейное дифференциальное уравнение с частными производными вида

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + m^2 \sin u = 0,$$

где $-\infty < x, t < \infty$, $u(x, t)$ — искомая функция, $m > 0$. Уравнение синус-Гордона встречается в физике, в частности, в задачах о распространении *волн*.

уравнение состояния / equation of state // Zustandsgleichung f : в термодинамике — уравнение, связывающее давление, объём и температуру физически однородной системы в состоянии *термодинамического равновесия*. Уравнение состояния является необходимым дополнением к термодинамическим законам, которое делает возможным их применение к реальным веществам. Уравнение состояния невозможно вывести из одних только общих законов термодинамики: его можно получить лишь на основе опыта или вывести теоретически методами статистической механики на основе микроскопических представлений о строении данного вещества. Примерами уравнения состояния для газов могут служить *уравнение Клапейрона–Менделеева* для идеального газа и *уравнение Ван-дер-Ваальса* для реального газа. Уравнение состояния неидеальных газов указывает на существование *критического состояния*

вещества, в котором исчезают различия между жидкой и газообразной фазами.

уравнение с отклоняющимся аргументом: см. *дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом*

уравнение стационарное: см. *стационарное уравнение*.

уравнение телеграфное: см. *телеграфное уравнение*.

уравнение теплопроводности / heat conduction equation // Wärmeleitung Gleichung *f*: дифференциальное уравнение с частными производными 2-го порядка $\partial u / \partial t = a^2 \Delta u$, где Δ — оператор Лапласа, $u(x, y, z, t)$ — искомая функция, имеющая смысл температуры тела в точке (x, y, z) в момент времени t , $a^2 = k / (\gamma \rho)$, k — коэффициент внутренней теплопроводности, γ — теплоёмкость, ρ — плотность вещества.

уравнение трансцендентное: см. *трансцендентное уравнение*.

уравнение функциональное: см. *функциональное уравнение*.

уравнение Хилла / Hill equation // Hilla'sche Differentialgleichung: обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка $y'' + q(x)y = 0$, где $q(x)$ — заданная непрерывная периодическая функция, $q(x + \omega) \equiv q(x)$. Пусть $u_1(x)$ и $u_2(x)$ — решения уравнения Хилла, удовлетворяющие начальным условиям $u_1(0) = 1$, $u_1'(0) = 0$, $u_2(0) = 0$, $u_2'(0) = 1$. Введём т.н. характеристическую постоянную Ляпунова $A = (u_1(\omega) + u_2'(\omega)) / 2$, и пусть ρ_1 и ρ_2 — корни квадратного уравнения $\rho^2 - 2A\rho + 1 = 0$. Если $\rho_1 \neq \rho_2$, то пара линейно независимых решений уравнения Хилла имеет вид $y_j(x) = \rho_j^{x/\omega} \phi_j(x)$ ($j = 1, 2$), где $\phi_j(x)$ — ω -периодические функции; если $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, то 2-е решение имеет вид $y_2(x) = \rho^{x/\omega} [\phi_2(x) + \gamma x \phi_1(x)]$, где γ — некоторая постоянная. Такие решения называются решениями Флоке (Gaston Floquet, 1847–1920).

Для уравнения Хилла ставятся задачи *устойчивости* решений при $x \rightarrow +\infty$, существования или отсутствия периодических решений. Если $|A| > 1$, то один из корней ρ_1, ρ_2 по модулю больше 1, и соответствующее решение неустойчиво; если $|A| < 1$, то $|\rho_j| = 1$, и оба решения устойчивы. Если $A = \pm 1$, то одно из решений периодическое, а второе, вообще говоря, неограниченное.

В физике уравнение Хилла встречается в задаче о движении квантовой частицы в поле периодического потенциала (одномерная модель кристалла).

уравнение Шрёдингера, уравнение Шредингера / Schrödinger equation // Schrödingersche Gleichung: основное динамическое уравнение нерелятивистской квантовой механики; предложено австрийским физиком Э. Шрёдингером в 1926 г. В квантовой механике уравнение Шрёдингера играет такую же фундаментальную роль, как и уравнения движения Ньютона в классической механике и уравнения Максвелла в классической электродинамике. Уравнение

Шрёдингера описывает изменение со временем состояния квантового объекта, характеризуемого волновой функцией $\psi(\vec{r}, t)$. Для частицы массы m , движущейся в силовом поле, описываемом потенциалом $V(\vec{r})$, уравнение Шрёдингера имеет вид:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + V(\vec{r})\psi, \quad (1)$$

где $\hbar$ — постоянная Планка, Δ — оператор Лапласа. Когда потенциал $V(\vec{r})$ не зависит явно от времени, решения уравнения Шрёдингера можно представить в виде

$$\psi(\vec{r}, t) = e^{-i\frac{E}{\hbar}t} \varphi(\vec{r}), \quad (2)$$

где E — энергия квантовой системы, а зависящая только от координат функция $\varphi(\vec{r})$ удовлетворяет стационарному уравнению Шрёдингера:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \varphi(\vec{r}) + V(\vec{r})\varphi(\vec{r}) = E\varphi(\vec{r}). \quad (3)$$

Для квантовых систем, движение которых происходит в ограниченной области пространства (например, для электрона в потенциальной яме), решения уравнения Шрёдингера существуют только для некоторых дискретных значений энергии $E_1, E_2, \dots, E_n$. Эти *уровни энергии* нумеруются набором целых квантовых чисел n . Каждому значению энергии E_n соответствует определённая волновая функция $\varphi_n(\vec{r})$, знание которой позволяет вычислить все измеримые характеристики системы, находящейся в данном стационарном квантовом состоянии. Например, вероятность $\rho_n(\vec{r})dV$ обнаружить электрон в элементе объёма dV , содержащем точку $\vec{r}$, пропорциональна квадрату модуля его волновой функции в квантовом состоянии n : $\rho_n(\vec{r})dV = |\varphi_n(\vec{r})|^2 dV$. Вероятностная интерпретация волновой функции составляет один из основных постулатов квантовой механики.

уравнение Штурма–Лиувилля / Sturm-Liouville equation // Sturm-Liouvillesche Differentialgleichung: обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка $-(p(x)y')' + q(x)y = \lambda r(x)y$, где $p(x)$, $q(x)$, $r(x)$ — заданные функции, $y(x)$ — искомая функция, λ — параметр, значения которого находятся при помощи дополнительных условий, см. *задача Штурма–Лиувилля*.

уравнение эволюционное: см. *эволюционное уравнение*.

уравнение эйконала / eikonal equation // Eikonalgleichung f : уравнение с частными производными, в случае двух независимых переменных x, y имеющее вид $(\frac{\partial u}{\partial x})^2 + (\frac{\partial u}{\partial y})^2 = \frac{1}{v^2(x, y)}$. Здесь $v(x, y) > 0$ — заданная функция, $u(x, y)$ — искомая функция, называемая эйконалом. Уравнение эйконала представляет собой *уравнение Гамильтона–Якоби* для функционала

Ферма $J[x, y] = \int_{(x_0, y_0)}^{(x_1, y_1)} \frac{dl}{v(x, y)}$, см. *принцип Ферма*. В физических приложениях (в оптике, в акустике) $v(x, y)$ имеет смысл скорости распространения волн в среде.

уравнение Эйлера 1) Euler equation // Eulersche Differentialgleichung: в теории *обыкновенных дифференциальных уравнений* — линейное уравнение с переменными коэффициентами специального вида: $(a_n x^n \frac{d^n}{dx^n} + a_{n-1} x^{n-1} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 x \frac{d}{dx} + a_0)y = f(x)$. Здесь $a_0, a_1, \dots, a_n$ — постоянные числа, $f(x)$ — заданная функция, $y(x)$ — искомая функция. Уравнение Эйлера сводится к *линейному уравнению с постоянными коэффициентами* подстановкой $x = e^t$.

2) уравнение Эйлера–Лагранжа / Euler-Lagrange equation // Euler-Lagrangesche Differentialgleichung: в *вариационном исчислении* — дифференциальное уравнение, которому удовлетворяет решение задачи об экстремуме функционала. Вид уравнения Эйлера–Лагранжа зависит от вида функционала, например:

- а) для $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$ уравнение $F_y - \frac{d}{dx} F_{y'} = 0$;
- б) для $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, z, y', z') dx$ уравнение $F_y - \frac{d}{dx} F_{y'} - \frac{d}{dx} F_{z'} = 0$;
- в) для $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) dx$ уравнение $F_y - \frac{d}{dx} F_{y'} + \frac{d^2}{dx^2} F_{y''} - \dots + (-1)^n \frac{d^n}{dx^n} F_{y^{(n)}} = 0$;
- г) для $\int_D F(x, y, u_x, u_y) dx dy$ уравнение $F_u - \frac{\partial}{\partial x} F_{u_x} - \frac{\partial}{\partial y} F_{u_y} = 0$.

Здесь запись вида F_{t_k} означает *частную производную* функции $F(t_1, \dots, t_n)$ по соответствующему аргументу, т.е. $F_{t_k} = \frac{\partial F}{\partial t_k}$.

уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта / Einstein equation for photoelectric emission // Einstein-Gleichung für den äußeren Photoeffekt: уравнение, выражающее закон сохранения энергии для элементарного акта внешнего *фотоэффекта* — явления испускания электронов под действием электромагнитного излучения (*фотоэлектронной эмиссии*). Связь электрона в конденсированной среде характеризуется *работой выхода* A . Передаваемая электрону энергия падающего на поверхность среды фотона затрачивается на совершение работы выхода и сообщение электрону кинетической энергии. Количественно это превращение энергии в элементарном акте фотоэлектронной эмиссии описывается уравнением А. Эйнштейна: $\hbar\omega = A + mv^2/2$. При $v = 0$ уравнение Эйнштейна определяет минимальную частоту падающего света $\omega_{\min}$ (так называемую красную границу), при которой для данного вещества возможен фотоэффект: $\hbar\omega_{\min} = A$.

уравнение Эйри / Airy equation // Airy-Differentialgleichung f : линейное *обыкновенное дифференциальное уравнение* 2-го порядка $\frac{d^2 y}{dx^2} - xy = 0$, где

x и y — вещественные или комплексные переменные. На вещественной оси Ox уравнение Эйри описывает переход от области монотонности решений ($x > 0$) к области осцилляций ($x < 0$). Линейно независимые решения этого уравнения $\text{Ai}(x)$ и $\text{Bi}(x)$ называются функциями Эйри; справедливы представления:

$$\text{Ai}(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \cos(xt + \frac{t^3}{3}) dt, \quad \text{Bi}(x) = i\omega^2 \text{Ai}(\omega^2 x) - i\omega \text{Ai}(\omega x), \quad \omega = e^{2\pi i/3}.$$

При вещественных x функции $\text{Ai}(x)$ и $\text{Bi}(x)$ принимают вещественные значения. Имеют место асимптотические формулы:

$$\text{Ai}(x) \sim \frac{2}{\pi \sqrt[4]{|x|}} \sin\left(\frac{2}{3}|x|^{3/2} + \frac{\pi}{4}\right), \quad x \rightarrow -\infty; \quad \text{Ai}(x) \sim \frac{1}{\pi \sqrt[4]{x}} e^{-\frac{2}{3}x^{3/2}}, \quad x \rightarrow +\infty$$

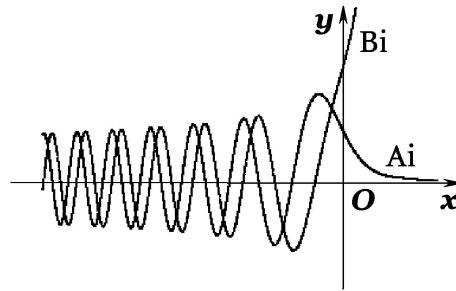


Рис. 184: Функции Эйри $\text{Ai}(x)$ и $\text{Bi}(x)$

В оптике функции Эйри используются для описания волновых полей в области тени; в квантовой механике — для описания поведения частиц в окрестности точек поворота.

уравнение эллиптическое: см. *эллиптическое уравнение*.

уравнения Коши–Римана: то же, что *условия Коши–Римана*.

уравнения Лагранжа / Lagrange equations // Lagrangesche Differentialgleichungen: в механике — обыкновенные дифференциальные уравнения 2-го порядка, описывающие в обобщённых координатах движения механических систем под действием приложенных к ним сил. Так как обобщённые координаты учитывают связи, наложенные на движение частиц системы, то из уравнений Лагранжа автоматически исключаются все неизвестные силы реакции идеальных связей. Число уравнений Лагранжа равно числу степеней свободы механической системы. Когда в системе действуют только потенциальные силы, уравнения Лагранжа принимают следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

где q_i — обобщённые координаты, $\dot{q}_i = dq_i/dt$ — обобщённые скорости, $L = T - U$ — функция Лагранжа, в которой T и U — соответственно кинетическая и потенциальная энергии системы, записанные как функции обобщённых координат q_i и скоростей $\dot{q}_i$. Если обобщённые координаты совпадают с декартовыми, уравнения Лагранжа сводятся к уравнению второго закона Ньютона, записанному в проекциях на оси декартовых координат.

уравнения Лотка–Вольтерра / Lotka-Volterra equations // Lotka-Volterrasche Gleichungen: нелинейная *система дифференциальных уравнений* $dr/dt = \alpha r - \lambda r f$, $df/dt = -\beta f + \mu r f$, математически описывающая биологическую систему «кролики – лисы» (хищник – жертва). В некотором регионе обитают $r = r(t)$ кроликов и $f = f(t)$ лис (t — время); кролики поедают траву и размножаются, лисы поедают кроликов и размножаются. Оказывается, что при определённых соотношениях постоянных α , β , λ , μ процесс имеет периодический во времени характер: если число кроликов сильно увеличилось, то число поедающих их лис также начинает возрастать, но тогда увеличивается и число съеденных кроликов, и поголовье кроликов начинает уменьшаться. Когда кроликов станет мало, вымрет от голода много лис, и кролики опять начнут сравнительно безопасно размножаться, и т.д. Эта простая модель биологического процесса достаточно хорошо описывает периодические колебания, реально наблюдающиеся в подобных системах.

уравнения Максвелла / Maxwell equations // Maxwell-Gleichungen *pl*: фундаментальные уравнения классической макроскопической *электродинамики*, описывающие электромагнитные явления. Сформулированы в 60-х годах 19-го века Дж. Максвеллом на основе обобщения эмпирических законов электрических и магнитных явлений. Современная форма уравнений Максвелла дана немецким физиком Г. Герцем и английским физиком О. Хевисайдом (Oliver Heaviside, 1850–1925).

Уравнения Максвелла связывают величины, характеризующие *электромагнитное поле*, с распределением в пространстве зарядов и токов, которые являются источниками этого поля. В вакууме электромагнитное поле характеризуется напряжённостью электрического поля $\vec{E}$ и индукцией магнитного поля $\vec{B}$; для характеристики поля в веществе дополнительно вводятся электрическая индукция $\vec{D}$ и напряжённость магнитного поля $\vec{H}$, зависящие от состояния и свойств среды. Источники поля характеризуются объёмной плотностью электрического заряда ρ и плотностью электрического тока $\vec{j}$. В дифференциальной форме уравнения Максвелла имеют следующий вид (в системах единиц СГС и СИ соответственно):

$$\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho, \quad \operatorname{div} D = \rho, \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad \operatorname{div} B = 0, \quad (2)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (4)$$

Интегральная форма уравнений Максвелла определяет потоки векторов $\vec{D}$ и $\vec{B}$ через произвольные замкнутые поверхности и циркуляции векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$ вдоль произвольных замкнутых контуров:

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 4\pi \int_V \rho dV, \quad \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV \quad (5)$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad (6)$$

$$\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}, \quad \oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}, \quad (7)$$

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{D} \cdot d\vec{S}, \quad \oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S} + \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{D} \cdot d\vec{S}.$$

Интегральная форма позволяет проследить связь уравнений Максвелла с эмпирическими законами электромагнетизма. Уравнение (5) выражает теорему Гаусса, согласно которой поток вектора $\vec{D}$ через любую замкнутую поверхность определяется полным зарядом, находящимся в ограниченном этой поверхностью объёме. Это утверждение представляет собой обобщение *закона Кулона*, описывающего взаимодействие точечных зарядов. Уравнение (6) отражает установленный на опыте факт отсутствия магнитных зарядов как источников магнитного поля. Уравнение (7) выражает закон *электромагнитной индукции* Фарадея, согласно которому эдс индукции в замкнутом контуре определяется скоростью изменения потока вектора магнитной индукции через поверхность, ограниченную данным контуром. Последнее уравнение можно рассматривать как обобщение эмпирического *закона Био–Савара–Лапласа* о возбуждении магнитного поля электрическими токами. Это уравнение показывает, что магнитное поле порождается не только токами проводимости, текущими по проводникам, но и изменяющимся электрическим полем («током смещения»).

Уравнения Максвелла описывают обширную область явлений макромира и лежат в основе электротехники и радиотехники.

уравнения механики / equations of mechanics // Gleichungen der Mechanik: уравнения движения или равновесия систем материальных точек или сплошной среды, получающиеся как следствие основных законов механики. См. также *законы Ньютона, уравнения Лагранжа, классическая механика*.

уравнения Навье–Стокса / Navier-Stokes equations // Navier-Stokes-Gleichungen: уравнения движения вязкой жидкости, представляющие математическое выражение *законов сохранения* импульса и массы. Для течений несжимаемой изотермической жидкости уравнения Навье–Стокса имеют вид

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{K} - \text{grad } p + \mu \Delta \vec{v}, \quad \text{div } \vec{v} = 0,$$

где $\vec{v}$ — вектор скорости, ρ — плотность, p — давление, μ — коэффициент вязкости, $\vec{K}$ — вектор массовой силы, $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v}$ — субстанциональная производная, $(\vec{v} \cdot \nabla) = v_x \frac{\partial}{\partial x} + v_y \frac{\partial}{\partial y} + v_z \frac{\partial}{\partial z}$. Движение сжимаемой жидкости описывается уравнениями Навье–Стокса более общего вида.

уравновешивать / balance, put in equilibrium, equalize // ausgleichen, ins Gleichgewicht bringen: приводить в состояние *равновесия*, например, уравновешивать груз на чашке весов гирями, помещаемыми на вторую чашку.

Ура́н / Uranus // Uranus *m*: седьмая по порядку от Солнца большая планета солнечной системы. Открыта в 1781 г. английским астрономом В. Гершелем (William Herschel, 1738–1822). Средняя удалённость от Солнца 2,87 млрд км, период обращения вокруг Солнца около 84 лет, вокруг своей оси 17 час. 14 мин. Экваториальный диаметр 51 120 км, масса в 14,58 раз больше массы Земли, средняя температура поверхности – 220°С. Уран имеет кольца, аналогичные кольцам Сатурна, Юпитера и Нептуна, и 27 спутников (2007 г.), причем орбиты их нестабильны. Уран — единственная в солнечной системе планета с обратным вращением и осью, лежащей почти в плоскости орбиты.

ура́н / uranium // Uran *n*: металл, радиоактивный элемент *периодической системы химических элементов* (U, номер 92). Атомный вес 238,07. Все *изотопы* урана радиоактивны и превращаются в изотопы других элементов путём альфа- или бета-распада, или электронного *K*-захвата. Изотопы урана претерпевают также спонтанное деление. Уран имеет исключительно важное значение в качестве ядерного горючего для получения и использования ядерной энергии путем осуществления цепной *ядерной реакции* деления.

у́рна / urn // Urne *f*: название сосуда или ящика, применяемое в *теории вероятностей*, например: «В урне лежат 2 красных и 7 белых

шаров, неотличимых наощупь. Берут наугад один шар; какова вероятность, что этот шар — красный?» (Ответ: $2/9$)

у́ровни эне́ргии / energy levels // Energieniveaus n : разрешённые дискретные значения энергии квантовой системы (атома, иона, молекулы, атомного ядра и т.п.), собственные значения оператора энергии квантовой системы.

усе́ченная пирами́да / frustum of a pyramide // Pyramidenstumpf m : часть *пирамиды*, находящаяся между основанием пирамиды и *секущей плоскостью*, параллельной основанию пирамиды.

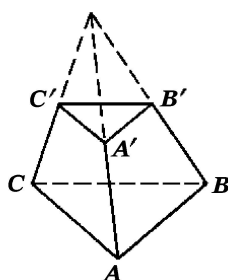


Рис. 185: Усечённая пирамида

усе́ченный / truncated, cut off // abgeschnitten, abgestumpft: урезанный, укороченный. «Усечённое распределение» / truncated distribution // abgeschnittene Verteilung /// «усечённая выборка» / truncated sample // abgeschnittene Stichprobe.

усе́ченный ко́нус / frustum of a cone // Kegelstumpf m : часть *конуса*, находящаяся между основанием конуса и *секущей плоскостью*, параллельной основанию конуса.

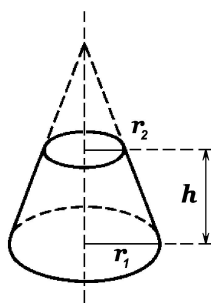


Рис. 186: Усечённый конус

уси́ление 1) amplification // Verstärkung f : в физике и технике: усиление

сигналов — преобразование сигналов в *усилителе*; 2) sharpening // Verschärfung *f*: обострение.

усиленный закон больших чисел / strong law of large numbers // starkes Gesetz der großen Zahlen: теорема, усиливающая закон больших чисел. В применении к схеме Бернулли усиленный закон гласит: с вероятностью, равной 1, частота $\frac{m}{n}$ появления события стремится к его вероятности при $n \rightarrow \infty$:

$$P\left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{m}{n} = p\right) = 1.$$

уси́лие 1) force // Kraft *f*: в физике и технике — сила, приложенная к какому-либо телу; 2) effort // Anstrengung *f*, Bemühung *f*: затрата сил, старание: «несмотря на все усилия, нам не удалось решить эту задачу» / despite of all our efforts, we did not manage to solve this problem // ungeachtet aller unserer Bemühungen, ist uns misslungen, dieses Problem zu lösen.

уси́литель / amplifier // Verstärker *m*: прибор, устройство, на вход которого подаются какую-нибудь переменную величину, а на выходе получают подобную ей величину с большей *амплитудой*. Например, электроакустический усилитель увеличивает амплитуду колебаний *напряжения* тока, вырабатываемого *микрофоном*.

ускорéние / acceleration // Beschleunigung *f*: в физике — изменение *скорости* движущейся точки за единицу времени. Ускорение — векторная величина, равная производной от скорости по времени: $\vec{a} = d\vec{v}/dt$. При движении по криволинейной траектории вектор ускорения лежит в *соприкасающейся плоскости*; его можно разложить на две составляющие: $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{a}_\tau$ — *тангенциальное ускорение*, $\vec{a}_n$ — *нормальное ускорение*, которое всегда направлено в сторону вогнутости траектории (к центру кривизны).

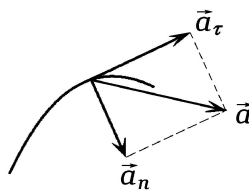


Рис. 187: Разложение ускорения на две составляющие

ускорéние свободного падéния / free fall acceleration // Fallbeschleunigung *f*: ускорение, с которым тело падает на землю в безвоздушном пространстве. В данном месте Земли ускорение свободного падения одинаково для всех тел независимо от их формы, массы и других характеристик, но при изменении высоты над уровнем моря и географической широты

места оно изменяется, так как изменяются сообщающие телу это ускорение сила тяжести и центробежная сила, обусловленная суточным вращением Земли; на экваторе величина ускорения свободного падения равна приблизительно $9,8 \text{ м/с}^2$.

ускорéние сýлы тýжести / acceleration of gravity // *Schwerkraftbeschleunigung* *f*: ускорение, которое сообщает телу сила притяжения к Земле вблизи её поверхности, см. также *ускорение свободного падения*.

ускорýтели зарýженных частýц / particle accelerators // *Teilchenbeschleunigeren* *pl*: разнообразные установки для получения пучков заряженных частиц (электронов, протонов, атомных ядер, ионов) высоких энергий с помощью ускорения частиц электрическим полем. По типу ускоряемых частиц различают электронные ускорители, протонные ускорители и ускорители ионов; по характеру траекторий — линейные ускорители и циклические, в которых траектории близки к окружности или спирали. В современных ускорителях разгон частиц производится переменным высокочастотным электрическим полем. Проходя многократно через ускоряющий промежуток, частица набирает большую энергию даже при сравнительно невысоком ускоряющем напряжении.

Первый циклический ускоритель протонов (циклотрон) был построен в 1930 г. американским физиком Э. Лоуренсом (Ernest Lawrence, 1901–1958). После открытия метода автофазировки, позволившего существенно повысить энергию ускоренных частиц, были разработаны и построены циклические ускорители нескольких типов: синхротрон, фазотрон, синхроциклотрон, синхрофазотрон, микротрон. Развитие ускорителей идёт как по пути увеличения энергии ускоренных частиц, так и по пути увеличения интенсивности пучка и уменьшения разброса его параметров. Возможности применения ускорителей для исследований в физике высоких энергий и элементарных частиц значительно расширяются путём введения в ускорительные комплексы накопительных колец и систем встречных пучков.

услóбие / condition // *Bedingung* *f*: в математике — такое предположение о свойствах каких-либо объектов, что от выполнения или невыполнения этого предположения зависят свойства других объектов или ход дальнейших рассуждений. Условие *U* включается в условное предложение словами «если *U*, то...» или «пускай *U*, тогда...» Например: «если $0 < a < b$ и $0 < c < d$, то $ac < bd$ ». См. также *достаточное условие* и *необходимое условие*. «При условии, что» / provided that // *unter der Bedingung, dass* /// «условия теоремы Коши» / the assumptions of Cauchy's theorem // *die Voraussetzungen des Satzes von Cauchy*.

услóбие Лýипшица / Lipschitz condition // *Lipschitzsche Bedingung* *f*: функция $f(x)$ удовлетворяет на промежутке (a, b) условию Липшица порядка α , если при всех $x, x' \in (a, b)$ приращение функции связано с

приращением аргумента неравенством $|f(x) - f(x')| \leq M|x - x'|^\alpha$, где $0 < \alpha \leq 1$, и M — некоторая постоянная. Функция, удовлетворяющая условию Липшица, *непрерывна*. Если функция имеет ограниченную *производную* (т.е. $|f'(x)| \leq B$, $x \in (a, b)$), то эта функция удовлетворяет условию Липшица с любым $\alpha \in (0, 1]$.

условие трансверсальности / transversality condition // Transversalitätsbedingung f : в *вариационном исчислении*, в задаче об экстремуме функционала $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$: если в точке x_0 значение $y(x)$ задано, $y(x_0) = y_0$ (т.е. этот конец искомой экстремали фиксирован), а другой конец экстремали находится на заданной кривой $y = h(x)$, т.е. $y(x_1) = h(x_1)$, то в число *необходимых условий* экстремума входит условие трансверсальности в точке пересечения искомой экстремали и данной кривой:

$$F(x_1, y(x_1), y'(x_1)) + (h'(x_1) - y'(x_1)) F_{y'}(x_1, y(x_1), y'(x_1)) = 0.$$

Это условие играет роль граничного условия в точке x_1 ; вместе с условием $y(x_0) = y_0$ оно составляет два условия для нахождения двух произвольных постоянных в общем решении уравнения Эйлера. Если левый конец искомой экстремали также не фиксирован, а находится на заданной кривой $y = g(x)$, то и на этом конце должно выполняться условие трансверсальности:

$$F(x_0, y(x_0), y'(x_0)) + (g'(x_0) - y'(x_0)) F_{y'}(x_0, y(x_0), y'(x_0)) = 0.$$

Для функционала Ферма $\int_{x_0}^{x_1} n(x, y) \sqrt{1 + y'^2} dx$ условие трансверсальности превращается в условие ортогональности $y'g' = -1$. Условие трансверсальности обобщается на случай функционалов, зависящих от нескольких функций, а также для функционалов, заданных в виде *кратных интегралов*.

условия Дирихле / Dirichlet conditions // Dirichletsche Bedingungen: в теории *рядов Фурье*: говорят, что функция $f(x)$ удовлетворяет условиям Дирихле на промежутке (a, b) , если: а) этот промежуток можно разбить на конечное число частичных промежутков, на каждом из которых функция $f(x)$ непрерывна и монотонна; б) если x_0 — точка разрыва функции $f(x)$, то существуют конечные односторонние пределы $f(x_0 - 0)$ и $f(x_0 + 0)$; в) существуют конечные пределы $f(a + 0)$ и $f(b - 0)$. Условия Дирихле — часть *теоремы Дирихле*.

условия задачи / assumptions, setting of the problem // Voraussetzungen der Aufgabe: в формулировке задачи — то, что считается заданным, известным (предположения, допущения, числовые данные).

условия Коши–Римана, условия Даламбера–Эйлера / Cauchy-Riemann conditions // Cauchy-Riemannsche Bedingungen: функция *комплексного переменного* $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ имеет *производную* в точке $z_0 = x_0 + iy_0$ в том и только том случае, когда в точке (x_0, y_0) действительная

часть $u(x, y)$ и мнимая часть $v(x, y)$ функции $f(z)$ — *дифференцируемые функции* и выполняются равенства:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x},$$

называемые условиями (или уравнениями) Коши–Римана. Условия Коши–Римана являются необходимыми и достаточными условиями *регулярности* функции $f(z)$ в области D , если $u(x, y)$ и $v(x, y)$ дифференцируемы в D .

условная вероятность / conditional probability // bedingte Wahrscheinlichkeit: *вероятность* события B при условии (т.е. в случае), что уже произошло событие A , называется условной вероятностью события B при условии события A и обозначается $P(B|A)$.

Пример: в одной из двух одинаковых урн лежат 2 белых и 7 черных шаров, в другой урне 3 белых и 5 чёрных шаров. Выбирают наугад одну из урн и из неё вынимают наугад один шар. Какова вероятность того, что вынутый шар — белый (событие B)? Вероятность того, что выбрана 1-я урна (событие A_1), равна $P(A_1) = 1/2$; вероятность того, что выбрана 2-я урна (событие A_2), равна $P(A_2) = 1/2$. Условная вероятность того, что шар белый, причём он взят из 1-й урны, равна $P(B|A_1)$. Очевидно, $P(B|A_1) = 2/9$. Соответственно, условная вероятность того, что шар белый, причём он взят из 2-й урны, равна $P(B|A_2) = 3/8$. Полная (без условий) вероятность $P(B)$ того, что вынутый шар белый, вычисляется по *формуле полной вероятности*: $P(B) = P(B|A_1)P(A_1) + P(B|A_2)P(A_2) = 2/9 \cdot 1/2 + 3/8 \cdot 1/2 = 43/144$. См. также *формула Байеса*.

В общем случае условная вероятность определяется соотношениями

$$P(B|A) = \frac{P(AB)}{P(A)}, \text{ если } P(A) \neq 0, \text{ и } P(A|B) = \frac{P(AB)}{P(B)}, \text{ если } P(B) \neq 0.$$

Отсюда можно выразить вероятность произведения двух событий: $P(AB) = P(A)P(B|A) = P(B)P(A|B)$

События A и B называются независимыми друг от друга, если появление одного из событий не изменяет вероятности появления другого события: $P(B|A) = P(B)$ или $P(A|B) = P(A)$ (одно из равенств влечёт другое). Для независимых событий имеет место равенство

$$P(AB) = P(A)P(B).$$

условная сходимость, неабсолютная сходимость / conditional convergence // bedingte Konvergenz: сходимость *ряда* или *несобственного интеграла* в том случае, когда соответствующий ряд от модуля общего

члена (соответственно, интеграл от модуля подинтегральной функции) расходится. См. *условно сходящийся ряд* и *условно сходящийся интеграл*.

условно сходящийся интеграл / conditionally convergent integral // bedingt konvergentes Integral: если *несобственный интеграл* $\int_D f(x) dx$ сходится, а интеграл от модуля подинтегральной функции расходится: $\int_D |f(x)| dx = \infty$, то говорят, что интеграл $\int_D f(x) dx$ сходится условно (или неабсолютно). Например, интеграл $\int_0^\infty \frac{\sin x}{x} dx = \frac{\pi}{2}$ сходится условно.

условно сходящийся ряд / conditionally [or: nonabsolutely] convergent series // bedingt konvergente Reihe: если *ряд* $\sum_{n=1}^\infty a_n$ сходится, а ряд из модулей расходится: $\sum_{n=1}^\infty |a_n| = \infty$, то говорят, что ряд $\sum_{n=1}^\infty a_n$ сходится условно (или неабсолютно). Например, ряд $\sum_{n=1}^\infty (-1)^{n+1} \frac{1}{n} = \ln 2$ сходится условно. См. также *теорема Римана*.

условный максимум, относительный максимум / maximum with a condition, relative maximum // Maximum unter einer Nebenbedingung, relatives Maximum: см. *условный экстремум*.

условный минимум, относительный минимум / minimum with a condition, relative minimum // Minimum unter einer Nebenbedingung, relatives Minimum: см. *условный экстремум*.

условный переход / branch, conditional jump // bedingter Sprung: условный переход в *программе* — команда компьютеру: во время выполнения программы совершить переход в то или другое указанное место программы в зависимости от значения условного выражения («истина» или «ложь»). Например, в языке *Бейсик* команда условного перехода может иметь вид: if $x < 0$ then goto 1 else goto 2.

условный экстремум, относительный экстремум / extremum with a condition, relative extremum // Extremum unter einer Nebenbedingung, gebundenes Extremum, relatives Extremum: а) для функции двух переменных $f(x, y)$ — максимум или минимум $f(x, y)$ при условии, что переменные x и y связаны соотношением $g(x, y) = 0$; для функции n переменных — максимум или минимум $f(x_1, \dots, x_n)$ при условии, что переменные $x_1, \dots, x_n$ связаны соотношением $g(x_1, \dots, x_n) = 0$ или системой соотношений $g_1(x_1, \dots, x_n) = 0, \dots, g_m(x_1, \dots, x_n) = 0$, где $1 \leq m \leq n - 1$. Иногда условия бывают поставлены в виде неравенств. См. также *метод множителей Лагранжа*. Пример: условный минимум функции $x^2 + y^2$ при условии $x + y = 1$ равен $1/2$, а минимум этой функции без условий равен 0.

б) В *вариационном исчислении*: для функционала $J[y, z] = \int_a^b F(x, y, z, y', z') dx$ — максимум или минимум $J[y, z]$ при условии, что неизвестные функции $y(x)$ и $z(x)$ связаны соотношением $G(x, y(x), z(x)) = 0$; уравнение связи

может содержать также производные от искомых функций. Аналогично вводится понятие условного экстремума для функционалов, зависящих от нескольких функций (и их производных). См. также *изопериметрическая задача*.

успоко́ение колеба́ний / damping of oscillations // Dämpfung f der Schwingungen: гашение, демпфирование *колебаний* путём введения в колебательную систему поглотителя энергии, обеспечивающего быстрое затухание собственных колебаний. Например, для груза на пружинке этого можно добиться погружением его в вязкую жидкость. В систему подвески автомобиля встраивают специальные амортизаторы для успокоения колебаний кузова, возникающих в результате наезда колеса на бугорки или другие неровности дороги.

усредне́ние, осреднение / averaging // Mittelung f : образование *среднего значения*. В теории *дифференциальных уравнений* термин «осреднение» используется в специальном смысле. Именно, для системы $\frac{d}{dt}\vec{x} = \mu\vec{X}(\vec{x}, t, \mu)$, где t — время, μ — малый параметр, осреднённой системой будет (более простая) система $\frac{d}{dt}\vec{\xi} = \mu\vec{X}_0(\vec{\xi})$, где $\vec{X}_0(\vec{\xi}) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \vec{X}(\vec{\xi}, t, 0) dt$. При определённых условиях осреднённое решение $\vec{\xi}$ приближается к точному, когда $\mu \rightarrow 0$.

В *статистической физике* «усреднение по ансамблю» (ensemble averaging // Scharmittelwertbildung f) означает среднее значение, взятое по совокупности частиц (одинаковых систем), а «усреднение по времени» (time averaging // Zeitmittelwertbildung f) — среднее значение, взятое по траектории одной частицы. Совпадение этих средних называется эргодичностью (см. *эргодическая гипотеза*).

уста́лость мета́лла / fatigue of metal // Ermüdung f des Metalls: изменение механических и физических свойств металла под действием циклически изменяющихся во времени напряжений и деформаций. Изменение состояния при усталостном процессе протекает по стадиям и зависит от исходных свойств материала, вида напряжённого состояния, истории нагружения и влияния среды. На определённой стадии начинаются необратимые явления снижения сопротивления материала разрушению.

устано́вливать 1) ascertain, determine // feststellen: определять, находить, констатировать: «расследование установило причину аварии» / the investigation determined the cause of the accident // die Nachforschung hat die Ursache der Panne festgestellt; 2) set up, put, install // aufstellen: монтировать, ставить.

устано́вившийся режѐм, стационарное движение / stable regime, steady-state conditions, stationary motion // stationäre Bewegung, stabiles

Regime: периодическое движение *автономной системы* или системы, подверженной периодическому внешнему воздействию, которое устанавливается после окончания переходных процессов. При переходе в установившийся режим система как бы «забывает» своё начальное состояние: её движение уже не зависит от начальных условий. В нелинейных системах (системах, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями) возможно несколько различных установившихся режимов при одних и тех же значениях параметров системы (бистабильность или мультистабильность). Каждый из сосуществующих установившихся режимов («аттракторов») характеризуется определённой областью притяжения в пространстве начальных состояний.

установка / plant, facility, installation, apparatus // Apparatur f , Anlage f : совокупность приборов, объединённых в одну систему для выполнения определённой научной или технической задачи.

устойчивое равновесие / stable equilibrium // stabiles Gleichgewicht: состояние равновесия механической системы устойчиво, если при малых возмущениях параметров возникают силы, стремящиеся вернуть систему в первоначальное состояние. Обычно при малых возмущениях (смещении, толчке) системы, находящейся в положении устойчивого равновесия, возникают малые колебания системы, которые вследствие сопротивления постепенно затухают, и в конце концов система возвращается в состояние равновесия.

устойчивость / stability // Stabilität f : в физике: свойство физической системы, состоящее в том, что если значения параметров системы мало изменяются, то в состоянии системы могут происходить лишь малые изменения, не приводящие к качественному переходу в состояние другого типа. Пример: *устойчивое равновесие* в механике.

В математике: для *обыкновенного дифференциального уравнения* $x'(t) = f(t, x(t))$ решение $x_*(t)$, определённое при всех $t \geq t_0$ и удовлетворяющее начальному условию $x_*(t_0) = x_0$, называется устойчивым по *Ляпунову*, если для любого $\epsilon > 0$ существует $\delta > 0$ такое, что для всякого ξ , удовлетворяющего неравенству $|\xi - x_0| < \delta$, решение $x(t)$ уравнения с начальным условием $x(t_0) = \xi$ существует при всех $t \geq t_0$ и удовлетворяет неравенству $|x(t) - x_*(t)| < \epsilon$. Другими словами, решение $x_*(t)$ устойчиво по Ляпунову, если все решения, достаточно близкие к $x_*(t)$ в начальный момент времени t_0 , не выходят во все последующие времена за пределы наперёд заданной окрестности данного решения. Если, кроме того, все решения $x(t)$, близкие к $x_*(t)$ в начальный момент t_0 , неограниченно приближаются к $x_*(t)$ при $t \rightarrow +\infty$, то решение $x_*(t)$ называется асимптотически устойчивым. Пример: любое решение уравнения $x' = -x$ асимптотически устойчиво при $t \rightarrow +\infty$ и неустойчиво по Ляпунову при $t \rightarrow -\infty$.

Аналогично определяется понятие устойчивого решения для систем уравнений. Существуют и другие определения понятия устойчивого решения;

известны достаточные условия устойчивости.

устранение / elimination, removal // Beseitigung *f*, Entfernung *f*, Behebung *f*: удаление, отбрасывание, исключение.

устраняемая особенность / removable singularity // hebbare Singularität: *разрыв* функции $f(x)$ в точке x_0 называется устранимой особенностью функции, если существует конечный *предел* функции при $x \rightarrow x_0$. Точка x_0 в этом случае называется: а) для функций *вещественных* переменных — точкой устранимого разрыва; б) для функций *комплексного переменного* — устранимой особой точкой. Особенность устраняется, если в этой точке доопределить функцию её предельным значением. Например, $\frac{\sin x}{x}$ имеет при $x = 0$ устранимую особенность, так как $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$.

устройство 1) apparatus, device // Vorrichtung *f*: механизм, аппарат. «Запоминающее устройство» / memory, storage // Speicher *m* /// «печатающее устройство» / printer // Drucker *m* /// «зарядное устройство» / charging unit, charger, battery charging set // Ladevorrichtung *f*; 2) structure // Aufbau *m*, Struktur *f*: структура, строение; 3) organization, arrangement // Organisierung *f*, Veranstaltung *f*: организация встреч, конференций, соревнований.

устье трещины / crack mouth // Mündung eines Risses: один из концов *трещины*; под действием нагрузки, разрывающей материал, устье трещины может перемещаться, при этом трещина становится длиннее.

утёчка / leak, leakage // Leck *n*, Leckstelle *f*: постепенная самопроизвольная разрядка заряженного конденсатора или химического источника тока (батареи, аккумулятора), не включённого в электрическую цепь, происходящая в результате плохой или нарушенной изоляции пластин или электродов, конечного сопротивления диэлектрика, заполняющего пространство между электродами и т.п.

уточнить / correct, make more precise, define more exactly // präzisieren, berichtigen, genauer formulieren: уточнять формулу — видоизменять формулу, добиваясь более точного соответствия её с твёрдо установленными данными; уточнять формулировку — изменять текст данного высказывания, добиваясь его точного понимания.

утраивать / triple // verdreifachen: увеличивать в три раза.

ухудшать / make worse, deteriorate, worsen // verschlechtern [о качестве], verschlimmern [о ситуации]: делать хуже.

участник 1) participant // Teilnehmer *m*: участник конференции, заседания; 2) partner // Partner *m*: участник сделки, договора; 3) joint owner // Teilhaber *m*: участник в совместном владении, совладелец, компаньон.

учёная стéпень / degree // akademischer Grad: в России: степень

кандидата или доктора наук, присуждаемая Учёным Советом высшего учебного заведения после успешной защиты *диссертации*.

учёние 1) studies, learning // Lernen *n*, Studium *n*, Studien *pl* [изучение]: процесс обучения; 2) doctrine // Lehre *f*: теория, доктрина.

учёный / scientist, scholar // Gelehrte *m*, Wissenschaftler *m*, Forscher *m*: человек, профессионально занимающийся наукой, исследователь.

учёт / account, consideration // Berücksichtigung *f*: принятие во внимание. «С учётом нелинейных членов» / taking into account the nonlinear terms // mit Beachtung von nichtlinearen Gliedern.

учетверять / quadruple // vervierfachen: увеличивать в четыре раза.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ф

фа́за / phase // Phase *f*: в физике: фаза колебания / oscillation phase // Schwingungsphase *f*: аргумент периодической функции, описывающей колебательный процесс — см. также *гармоническое колебание*; фаза монохроматической волны — см. *волна*. В термодинамике: фаза вещества — гомогенная часть гетерогенной системы; например, когда вода находится в равновесии с паром, в системе имеются две фазы — жидкая вода и насыщенный водяной пар. Переход вещества из одной фазы в другую (*фазовый переход*) связан с качественными изменениями свойств вещества. В астрономии: фазы Луны — различные формы видимой части Луны. Смена фаз Луны обусловлена переменами в условиях освещения Солнцем темного шара Луны при её движении по орбите. При изменении взаимного расположения Земли, Луны и Солнца граница между освещённой и неосвещёнными частями видимого с Земли диска Луны перемещается, что и приводит к изменению очертаний видимой части Луны. Аналогичными причинами объясняются фазы Венеры.

фа́зовая модуля́ция / phase modulation // Phasenmodulation *f*: в радиотехнике — способ *модуляции*, при котором *фаза* колебаний высокой несущей частоты медленно изменяется в соответствии с передаваемым низкочастотным сигналом; при этом амплитуда модулируемых колебаний остаётся неизменной. Фазовая модуляция неизбежно сопровождается изменениями частоты модулируемых колебаний, т.е. *частотной модуляцией*.

фа́зовая пло́скость / phase plane // Phasenebene *f*: геометрический образ множества возможных состояний системы с одной степенью свободы, т.е. двумерное *фазовое пространство*, где по оси абсцисс отложены значения

обобщённой координаты, а по оси ординат — обобщённой скорости. См. также *автономная система*.

фа́зовая ско́рость / phase velocity // Phasengeschwindigkeit *f*: фазовой скоростью монохроматической *волны* называется скорость перемещения поверхности постоянных фаз, т.е. поверхности, во всех точках которой фаза колебаний имеет одно и то же значение. В частности, фазовая скорость плоской монохроматической волны, описываемой уравнением $u(x, t) = A \sin(\omega t + kx)$, равна ω/k . См. также *групповая скорость*.

фа́зовая траекто́рия / phase trajectory // Phasenbahn *f*: траектория точки, изображающей состояние системы в *фазовом пространстве*; см. также *автономная система*.

фа́зовое простран́ство / phase space // Phasenraum *m*: геометрический образ множества возможных состояний физической системы. Состояние системы в некоторый момент времени изображается в виде точки в фазовом пространстве. Размерность фазового пространства равна удвоенному числу степеней свободы системы; для системы с одной степенью свободы это *фазовая плоскость* (см. также *автономная система*). При изменении состояния системы точка фазового пространства, изображающая состояние системы, описывает некоторую кривую, называемую фазовой траекторией. Совокупность возможных фазовых траекторий образует фазовый портрет системы.

фа́зовый перехо́д / phase transition // Phasenübergang *m*: в физике: переход вещества из одного *агрегатного состояния* в другое при изменении внешних условий. При фазовом переходе 1-го рода (*плавление* и затвердевание, *испарение* и конденсация) скачком меняются такие термодинамические характеристики вещества как плотность, теплоёмкость и т.п.; при этом поглощается (или выделяется) определённое количество теплоты, называемое скрытой теплотой фазового перехода (см. *теплота плавления*, *теплота парообразования*). Фазовые переходы 2-го рода (переход парамагнетик — ферромагнетик, переход металла в сверхпроводящее состояние, переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние) связаны с изменением симметрии системы. Симметрия появляется или исчезает скачком, однако величина, характеризующая нарушение симметрии (так называемый параметр порядка), может изменяться непрерывно. Поэтому для фазовых переходов 2-го рода характерно отсутствие скачков плотности вещества и отсутствие скрытой теплоты фазового перехода.

файл / file // Datei *f*, File *f*: в информатике: упорядоченное множество данных, объединённых общим именем, например, readme.txt (текст), yahoo.bmp (картинка), lines.exe (машинная программа). Файл может быть записан в памяти компьютера или на внешних носителях информации (диск CD, DVD, флэш) и вызван по имени.

факс / fax // Fax m : вид связи, позволяющий передавать по телефонной линии графические изображения на бумаге; само передаваемое сообщение также называется факсом.

факторгруппа / factor group, quotient group // Faktorgruppe f , Quotientengruppe f : в теории *групп*: пусть N — *нормальный делитель* группы G . Множество *смежных классов* Ng , $g \in G$, образует группу, называемую факторгруппой группы G по нормальному делителю N и обозначаемую G/N . Умножение смежных классов в факторгруппе производится по формуле $Ng_1 * Ng_2 = N(g_1g_2)$; единичный элемент факторгруппы — класс Ne ; обратный элемент к классу Ng — класс $N(g^{-1})$.

факториал / factorial // Fakultät f : произведение натуральных чисел от 1 до данного числа n : $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$.

факторизация 1) factorizing, factorization, decomposition into factors // Faktorisierung f , Faktorenzerlegung f , Produktdarstellung f : разложение на множители, например, $1500 = 2^2 \cdot 3 \cdot 5^3$, $x^7 - x^6 - x^4 + x^3 = x^3(x-1)^2(x^2+x+1)$; 2) factorization // Zerlegung in Faktoren, Faktorzerlegung f : в теории *графов* — разложение графа на непересекающиеся по рёбрам остовные подграфы (*остовы*) специального вида.

факормножество / quotient set, factor set // Quotientenmenge f , Faktormenge f : *множество*, состоящее из классов *эквивалентности*. Пример: в множестве $\mathbf{Z}$ *целых чисел* будем считать эквивалентными всякие два числа, разность между которыми равна $2n$, где $n = 0, 1, 2, \dots$; тогда всё множество $\mathbf{Z}$ разбивается на 2 класса чисел, эквивалентных соответственно числам 0 и 1. Такое факормножество состоит из двух элементов: из множества чётных чисел и из множества нечётных чисел.

факультет / department, faculty // Fakultät f , Fachbereich m : одно из подразделений *университета*, связанное с соответствующей наукой, например, физический факультет Санкт-Петербургского государственного университета.

Фалес (Thales, около 624–547 до н.э.): древнегреческий философ, математик и физик. С его именем связывают *теорему Фалеса*.

фами́лия / surname, family name // Name m , Familienname m , Nachname m : «его фамилия Петров, а имя — Иван» / his surname is Petrov and forename [or: given name] is Ivan // sein Familienname ist Petrow und Vorname Iwan.

фа́рад, фарада, Φ / farad, F // Farad n : единица *ёмкости* в международной системе единиц *СИ*; названа в честь английского физика М. *Фарадея*. 1 Φ — это ёмкость *конденсатора*, между обкладками которого напряжение равно 1 *вольт* при заряде 1 *кулон*. Поскольку эта единица чрезвычайно большая, часто пользуются дольными единицами: микрофарад ($1 \mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$) и пикофарад ($1 \text{pF} = 10^{-12}\text{F}$).

Фарадэй (Michael Faraday, 1791–1867): английский физик, основоположник теории электричества и магнетизма. Открыл явление и законы электромагнитной индукции, законы электрохимии, вращение плоскости поляризации света в магнитном поле, ввёл понятие электромагнитного поля.

Фаренгейт (Daniel Fahrenheit, 1686–1736): немецкий физик и стеклодув. Изобрёл первый практически применимый термометр. Температурная шкала Фаренгейта применяется в США. Температура замерзания воды в этой шкале +32 градуса, температура кипения +212 градусов. Связь температуры по Цельсию C и по Фаренгейту F даётся формулой: $F = \frac{9}{5} \cdot C + 32^\circ$.

фэйнмановские диаграммы / Feynman diagrams // Feynmann-Graphen *pl*, Feynman-Diagramme *pl*: графический метод представления решений нелинейных уравнений квантовой теории поля и теории твёрдого тела с помощью теории возмущений; предложен в 1949 г. американским физиком Р. Фейнманом (Richard Phillips Feynman, 1918–1988).

феноменологическая термодинамика / phenomenological thermodynamics // phänomenologische Thermodynamik: наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии *термодинамического равновесия*, и о процессах перехода между этими состояниями, построенная на основе общих принципов (начал), которые представляют собой обобщение многочисленных опытных фактов и выполняются независимо от конкретной природы тел, образующих систему. См. также *термодинамика*.

фенóмен: то же, что *явление*.

феноменологический / phenomenological // phänomenologisch: основанный на опытных фактах и наблюдениях, например, феноменологическая теория, феноменологические закономерности.

Ферма́ (Pierre de Fermat, 1601–1665): французский математик, внесший крупный вклад в математический анализ, *теорию вероятностей* и теорию чисел. Наиболее известны: *принцип Ферма* и *теоремы Ферма*.

Фёрми (Enrico Fermi, 1901–1954): итальянский физик-теоретик, Нобелевский лауреат (1938), исследователь *цепной реакции* деления ядер *урана*, один из создателей *атомного реактора* и *атомной бомбы*.

фёрмиевская энэргия, энергия Ферми / Fermi energy // Fermi-Energie *f*: значение энергии, ниже которой все состояния системы *фермионов*, т.е. частиц, подчиняющихся *статистике Ферми—Дирака*, при абсолютном нуле температуры заняты. Существование фермиевской энергии обусловлено *принципом Паули*, согласно которому в одном *квантовом состоянии* не может находиться более одной частицы – фермиона. Понятие фермиевской энергии широко используется в физике твёрдого тела.

фермио́н, ферми-частица / fermion // Fermion *n*: частица или квазичастица

(т.е. элементарное возбуждение квантовой системы многих частиц), обладающая полуцелым *спином* (в единицах *постоянной Планка* $\hbar$). К фермионам относятся барионы (протон, нейтрон), лептоны (электрон, нейтрино) и их античастицы, а также электронные и дырочные возбуждения в твёрдых телах. Для фермионов справедлив *принцип Паули*, поэтому системы тождественных фермионов подчиняются *статистике Ферми–Дирака*.

ферримагнетизм / ferrimagnetism // Ferrimagnetismus *m*: магнитоупорядоченное состояние вещества, в котором все *магнитные моменты* атомных носителей магнетизма образуют несколько магнитных подрешёток с магнитными моментами, направленными навстречу друг другу или имеющими более сложную пространственную ориентацию. Ферримагнитная ориентация атомных магнитных моментов устанавливается в результате *фазового перехода 2-го рода* (перехода из парамагнитного состояния в ферримагнитное) при понижении температуры ниже так называемой температуры Кюри. Вещества, в которых установился ферримагнитный порядок атомных магнитных моментов, называются ферримагнетиками. Частными случаями ферримагнетизма являются *ферромагнетизм*, когда в веществе имеется только одна подрешётка, и *антиферромагнетизм*, когда все подрешётки состоят из одинаковых магнитных ионов и намагниченность образца равна нулю. Физическая причина возникновения магнитного порядка — обменное взаимодействие (см. *ферромагнетизм*).

ферромагнетизм / ferromagnetism // Ferromagnetismus *m*: магнитоупорядоченное состояние вещества, при котором все *магнитные моменты* атомных носителей магнетизма в пределах макроскопической области вещества ориентированы параллельно, и эта область — магнитный домен — обладает самопроизвольной намагниченностью. Параллельная ориентация магнитных моментов устанавливается в результате *фазового перехода 2-го рода* (перехода из парамагнитного состояния в ферромагнитное) при понижении температуры ниже так называемой температуры Кюри. Вещества, в которых установился ферромагнитный порядок атомных магнитных моментов, называются *ферромагнетиками*. Магнитная восприимчивость ферромагнетиков положительна и достигает значений $10^4 - 10^5$. Намагниченность и магнитная индукция ферромагнетиков растут с увеличением напряженности магнитного поля нелинейно и при достаточно сильных магнитных полях достигают некоторого предельного значения (магнитное насыщение). Значение намагниченности зависит от «магнитной предыстории» образца, что делает зависимость намагниченности от напряженности магнитного поля неоднозначной, т.е. имеет место магнитный *гистерезис*. В отсутствие внешнего магнитного поля ферромагнитный образец разбит на домены — области однородной намагниченности. В простейшем случае доменная структура имеет вид чередующихся слоёв с взаимно противоположным направлением намагниченности.

Необходимое условие ферромагнетизма — наличие постоянных спиновых или орбитальных магнитных моментов электронных оболочек атомов вещества. Это характерно для кристаллов переходных элементов, атомы которых имеют частично заполненные внутренние электронные оболочки. Появление магнитного порядка в таких кристаллах обусловлено специфическим взаимным влиянием тождественных частиц — так называемым обменным взаимодействием, которое представляет собой чисто квантовомеханический эффект, не имеющий аналога в классической физике. Образование доменов обусловлено конкуренцией близкодействующего обменного взаимодействия, стремящегося установить магнитные моменты параллельно, и дальнодействующего магнитного взаимодействия, которое стремится установить антипараллельно векторы намагниченности соседних доменов.

ферромагнэтик / ferromagnet // Ferromagnetikum *n*, ferromagnetischer Stoff: вещество, в котором ниже определённой температуры (точки Кюри) устанавливается ферромагнитный порядок магнитных моментов атомов или ионов (см. *ферромагнетизм*). Среди химических элементов ферромагнитны переходные элементы: железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni) и редкоземельные металлы Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm. Ферромагнитны также многие металлические бинарные и многокомпонентные сплавы. Ферромагнетики играют важную роль в современной технике: магнитомягкие материалы со слабо выраженным гистерезисом используются в электротехнике (трансформаторы, электромоторы, электрогенераторы и т.п.), в технике связи и радиотехнике; магнито-жесткие материалы с большими значениями остаточной намагниченности применяются для изготовления постоянных магнитов.

Фибона́ччи: см. *числа Фибоначчи*.

фигу́ра / figure // Figur *f*: в элементарной геометрии — общее название для совокупности точек, линий, поверхностей, тел, рассматриваемой как один объект. Примеры: отрезок прямой линии, угол, многоугольник, многогранник, шар, конус, гиперболоид и т.д.

фигу́ры Лиссажу́ / Lissajous figures // Lissajous-Figuren *pl*: кривые линии на плоскости *Oxy*, которые представляют собой траектории точки, одновременно совершающей *гармонические колебания* во взаимно-перпендикулярных направлениях. Параметрические уравнения таких кривых имеют вид $x = A \cos \omega_1 t$, $y = B \cos(\omega_2 t + \varphi)$. Здесь A , B , ω_1 , ω_2 и φ — постоянные числа, t — время, $0 \leq t < +\infty$. Если $A = B$, $\omega_1 = \omega_2$ и $\varphi = \pm\pi/2$, то фигура Лиссажу представляет собой окружность. Если ω_1 и ω_2 *соизмеримы* (т.е. $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{m}{n}$ — *рациональное число*), то обе функции $x(t)$ и $y(t)$ имеют общий период $T = 2\pi m/\omega_1 = 2\pi n/\omega_2$, и в этом случае фигура Лиссажу имеет вид (многократно пробегаемой) замкнутой кривой конечной длины.

Если ω_1 и ω_2 несоизмеримы, то функции $x(t)$ и $y(t)$ не имеют общего периода, и фигура Лиссажу представляет собой бесконечную кривую, точки которой при достаточно большом значении t как угодно близко пройдут от любой наперёд заданной точки прямоугольника $|x| \leq |A|$, $|y| \leq |B|$. Фигуры Лиссажу можно наблюдать на экране *осциллографа*, когда на пластины горизонтального отклонения подаётся напряжение вида $A \cos \omega_1 t$, а на пластины вертикального отклонения — напряжение вида $B \cos(\omega_2 t + \varphi)$.

фíзик / physicist // Physiker *m*: специалист по *физике*.

фíзика / physics // Physik *f*: наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и законы её движения и развития. Вводимые в физике понятия и законы лежат в основе всего естествознания. Физика относится к точным наукам, так как изучает количественные закономерности. Границы, отделяющие физику от других естественных наук, в значительной степени условны и меняются со временем в процессе развития науки.

Физика — экспериментальная наука, так как её законы базируются на фактах, установленных опытным путём. Законы физики имеют количественную форму и выражаются математическим языком. Различают экспериментальную физику, занимающуюся постановкой и проведением опытов для обнаружения новых фактов и проверки существующих теоретических представлений, и теоретическую физику, цель которой состоит в наиболее общей математической формулировке законов природы и объяснении наблюдаемых явлений на основе этих законов, а также в предсказании новых явлений.

Физика подразделяется на ряд дисциплин, в той или иной мере связанных друг с другом. По изучаемым объектам различают физику элементарных частиц, физику ядра, физику атомов и молекул, физику газов и жидкостей, физику твёрдого тела, физику плазмы. По характеру изучаемых процессов и форм движения материи различают механику материальных точек и твёрдого тела, механику сплошных сред, термодинамику и статистическую механику, электродинамику, оптику, теорию тяготения, квантовую механику и квантовую теорию поля, физику колебаний и волн. По целям исследования различают также фундаментальную и прикладную физику.

физíческие величины / physical quantities // physikalische Größen: характеристики явлений и процессов, допускающие количественное выражение в результате процесса измерения, т.е. путём сравнения данной характеристики с однородной с ней величиной, принятой за единицу (с эталоном).

физíческий / physical // physikalisch, Physik=: относящийся к *физике*.

физíческий ма́ятник / physical pendulum // Physikalisches Pendel *n*: твёрдое тело, способное поворачиваться вокруг горизонтальной оси, не проходящей через *центр масс*. В поле тяжести на физический маятник

действует момент сил, пропорциональный синусу угла отклонения от положения устойчивого равновесия, в котором центр масс расположен на одной вертикали с осью маятника ниже оси. Маятник представляет собой механическую систему с одной степенью свободы; его положение можно описать одной обобщённой координатой φ — углом отклонения из равновесия. Дифференциальное уравнение физического маятника в отсутствие трения имеет вид: $\ddot{\varphi} + \omega^2 \sin \varphi = 0$, где $\omega^2 = mga/J$, m — масса маятника, a — расстояние от оси до центра масс, g — ускорение свободного падения, J — момент инерции относительно оси вращения. При $\omega^2 = g/l$ это же уравнение описывает *математический маятник* длиной l , т.е. физический маятник динамически эквивалентен математическому с длиной $l = J/ma$, которая в этом случае называется приведённой длиной физического маятника. При малых углах отклонения маятник совершает колебания, близкие к гармоническим, с периодом $T = 2\pi/\omega = 2\pi/\sqrt{l/g}$.

фиксированный / fixed, given // fixiert, festgesetzt: закреплённый, не изменяющийся.

фиктивные силы / fictive forces // fiktive Kräfte: в неинерциальных системах отсчёта уравнения движения тела (уравнения *второго закона Ньютона*) принимают такой же вид, как и в инерциальных, если к «настоящим» силам, обусловленным действием на рассматриваемое тело других тел, добавить *силы инерции*, обусловленные ускоренным движением системы отсчёта. Иногда эти силы инерции, исчезающие при переходе к инерциальной системе отсчёта, называют фиктивными силами, противопоставляя их «настоящим» силам, характеризующим взаимодействие данного тела с другими телами.

фиктивный / fictive, fictitious, imaginary // fiktiv, vorgetäuscht: не настоящий, воображаемый; выдаваемый за настоящий.

фильтр / filter // Filter m : в физике и химии — устройство, пропускающее жидкость и задерживающее рассеянные в жидкости твёрдые частицы. В оптике — устройство, пропускающее свет только в заданном диапазоне длин волн. В электротехнике — устройство, пропускающее сигналы только в заданном диапазоне частот.

В математике (в теории *множеств*): *фильтр частично упорядоченного множества* — это непустая совокупность F подмножеств, не содержащая пустое множество и удовлетворяющая аксиомам: 1) если $A \in F$, $B \in F$, то $A \cap B \in F$; 2) если $A \in F$ и $A \subseteq B$, то $B \in F$. Пример: система подмножеств множества X , содержащих фиксированное подмножество $A \subset X$, составляет фильтр в множестве X ; частный случай: в *евклидовом пространстве* система окрестностей фиксированной точки является фильтром.

финальный / final // Final=, Schluss=, End=: окончательный, заключительный, последний.

финансовый / financial // Finanz=: денежный.

финитная функция / function with bounded support // finite Funktion, Funktion f mit beschränktem Träger: функция $f(x)$, определённая на вещественной оси $x \in (-\infty, +\infty)$, называется финитной, если существуют такой отрезок $[a, b]$, что $f(x) = 0$ при $x < a$ и при $x > b$. Функция нескольких переменных $f(x_1, \dots, x_n)$ называется финитной, если $f(x_1, \dots, x_n) = 0$ вне некоторого шара, т.е. при $|\vec{x}| > R > 0$, где $|\vec{x}| = \sqrt{x_1^2 + \dots + x_n^2}$. Обобщённая функция $f(x)$ называется финитной, если её носитель $\text{supp } f(x)$ — ограниченное множество, т.е. если существует отрезок $|x| < R$ (в многомерном случае — шар) такой, что $f(x) = 0$ вне этого отрезка (шара).

фирма / firm // Firma f : а) название предприятия, часто — с указанием рода деятельности и типа предприятия, например, немецкая фирма EDV-Partner GmbH, что означает «Партнёры по компьютерной обработке данных, Общество с ограниченной ответственностью»; б) предприятие.

флуктуации / fluctuations // Fluktuationen pl : в статистической физике: случайные отклонения (обычно малые) физической величины от её среднего значения. Количественная характеристика флуктуаций основана на методах математической статистики и теории вероятностей. Простейшей мерой абсолютной флуктуации некоторой величины x служит её среднеквадратичное отклонение σ_x , т.е. квадратный корень из среднего значения квадрата отклонения x от среднего значения $\langle x \rangle$: $\sigma_x = \sqrt{\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle}$; относительная флуктуация характеризуется величиной $\sigma_x / \langle x \rangle$.

В статистической физике флуктуации объясняются хаотическим тепловым движением частиц, образующих физическую систему. В макроскопических системах наблюдаемые значения физических величин очень близки к их средним значениям, т.е. флуктуации очень малы: относительная флуктуация пропорциональна $1/\sqrt{N}$, где N — число частиц в системе. Однако для малых частей физической системы флуктуации могут быть легко обнаружены, например, по рассеянию света или рентгеновских лучей.

Флуктуации тесно связаны с *неравновесными процессами* и характеризующими их кинетическими коэффициентами (*вязкостью*, *теплопроводностью*, *электропроводностью* и т.п.). Существует связь между флуктуациями физических величин в равновесном состоянии и неравновесными свойствами системы при внешнем возмущении, в частности, с диссипацией энергии (механической, электрической и т.п.).

флуоресценция, флюоресценция / fluorescence // Fluoreszenz f : спонтанная *люминесценция*, затухающая в течение короткого времени, определяемом

временем жизни на возбуждённом уровне энергии. Флуоресценция наблюдается в атомных и молекулярных газах, а у многих органических веществ — в жидких и твёрдых растворах, а также в кристаллическом состоянии.

фока́льная плоскость / focal plane // Brennebene f , Fokalebene f : в идеальной (параксиальной) *оптической системе* — перпендикулярная к оптической оси плоскость, в которой расположен передний или задний *фокус*. В фокальной плоскости *объектива* фотокамеры или телескопа формируется резкое изображение удалённых предметов. В реальной оптической системе фокусы могут располагаться на неплоской фокальной поверхности.

фока́льный / focal // Brenn=: в математике (в теории *кривых 2-го порядка*): фокальное расстояние, или фокальный радиус, точки на кривой — расстояние между данной точкой и *фокусом*.

фо́кус 1) focus // Brennpunkt m , Fokalpunkt m : 1) в математике (в *аналитической геометрии* на плоскости) — одна из двух точек, определяющих положение *эллипса* или *гиперболы* (если задана одна из полуосей), или точка, вместе с директрисой определяющая положение *параболы*. 2) focus // Fokus m : в теории дифференциальных уравнений и в теории колебаний — особая точка фазовой плоскости, к которой асимптотически приближаются фазовые траектории, совершая вокруг неё бесконечное число витков; 3) в физике (в *оптике*) — точка пересечения (схождения) гомоцентрического пучка лучей, в частности точка, в которой собираются параллельные лучи света после прохождения через оптическую систему (действительный фокус), или точка, в которой пересекаются продолжения назад расходящегося пучка лучей (мнимый фокус). Если лучи проходят параллельно оптической оси системы, фокус пучка находится на этой оси и его называют главным фокусом.

фокусиро́вать / focus // fokussieren: фокусировать изображение — настраивать оптическую систему так, чтобы исходящие из одной точки предмета лучи сходились в одну «точку» в плоскости наводки (на практике — в малую область).

фокусиро́вка / focusing // Fokussieren n : настройка оптической системы с такой целью, чтобы исходящие из одной точки предмета лучи сходились в одну «точку» на формируемом изображении.

фо́кусное расстояние / focal length // Brennweite f : в *оптической системе* — расстояние от фокуса до ближайшей к нему кардинальной точки (до главной плоскости); для тонкой линзы — расстояние от линзы до фокуса; для вогнутого или выпуклого зеркала — расстояние от вершины зеркала до действительного или мнимого фокуса соответственно.

фон / background // Untergrund m , Hintergrund m : среда, окружение, в которых происходит какое-либо явление. Фон помех, звуковой фон, шумовой фон / background noise // Untergrundrauschen n .

фон Нейман (John von Neumann, 1903–1957): американский математик и физик. Значительный вклад в квантовую физику, теорию операторов, логику, информатику. Создатель современной теории игр, руководитель проекта по созданию первой электронной вычислительной машины.

фоно́н / phonon // Phonon n : в квантовой теории колебаний *кристаллической решетки* — квазичастица, сопоставляемая волне смещений атомов, молекул или ионов кристалла из своих равновесных положений. Фонон обладает энергией $E = \hbar\omega$ и квазиимпульсом $\vec{p} = \hbar\vec{k}$, где ω — частота колебаний атомов в волне, $\vec{k}$ — волновой вектор. Число фононов возрастает с температурой. Среднее число фононов $\langle n(E) \rangle$ с энергией E при температуре T определяется формулой Планка:

$$\langle n(E) \rangle = \frac{1}{e^{E/kT} - 1},$$

которая совпадает с квантовой функцией *распределения Бозе–Эйнштейна* для частиц идеального газа с целым спином. Так как число таких частиц (фононов) может изменяться, химический потенциал в функции распределения Бозе–Эйнштейна равен нулю. Колебательная энергия кристалла приближённо равна сумме энергий фононов. Рассеяние электронов проводимости при взаимодействии с фононами — основной механизм возникновения сопротивления электрическому току в кристаллических проводниках.

Фононами называют также квазичастицы, соответствующие элементарным возбуждениям в сверхтекучем гелии и описывающие колебательное движение квантовой жидкости.

фо́рма 1) shape, form // Form f : 1) внешний вид, внешняя характеристика (геометрической) фигуры; 2) в математике формами называют некоторые типы функций: *линейная форма, билинейная форма, квадратичная форма* и т.д.

формали́зм / formalism // Formalismus m : в математике — система обозначений и формул, позволяющая с единой точки зрения излагать какой-либо раздел, например, векторный формализм в *линейной алгебре*.

форма́льный / formal // formal, formell: в математике: формальный ряд — *ряд*, вопрос о сходимости которого не обсуждается, т.е. последовательность его частичных сумм может сходиться или расходиться. Например, выражение $1+x+x^2+x^3+\dots$ без указания области значений x может рассматриваться как формальный ряд по степеням x . Многие *асимптотические ряды* являются расходящимися формальными рядами.

фо́рмула / formula // Formel f : запись соотношения между двумя или несколькими величинами, обычно содержащая знак равенства.

фо́рмула Ба́льмера / Balmer formula // Balmersche Formel: формула для волновых чисел ν_n спектральной серии атома водорода, линии которой

лежат в видимой и ближней ультрафиолетовой областях:

$$\nu_n = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 3, 4, 5, \dots,$$

где $R = 2\pi^2 m e^4 / (ch^3) = 10973732 \text{ м}^{-1}$ — постоянная Ридберга, e и m — заряд и масса электрона, h — постоянная Планка, $\nu_n = 2\pi/\lambda_n$ — длина волны. См. также *формула Бальмера–Ридберга*.

фо́рмула Бальмера–Ридберга / Balmer-Rydberg formula // Formel von Balmer-Rydberg: формула для волновых чисел ν_{ik} спектральных серий атома водорода:

$$\nu_{ik} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_k^2} \right),$$

где R — постоянная Ридберга (см. *формула Бальмера*), n_i, n_k — целые числа, определяющие начальный и конечный уровни энергии. Для каждой спектральной серии n_i имеет одно и то же значение, а $n_k = n_i + 1, n_i + 2, \dots$. Для $n_i = 1$ получается серия Лаймана, линии которой лежат в далёкой ультрафиолетовой области; для $n_i = 2$ — серия Бальмера (см. формула Бальмера), для $n_i = 3$ — серия Пашена, расположенная в инфракрасной области.

фо́рмула Бёйеса, формула Байеса / Bayes formula // Bayessche Formel *f*: формула Бейеса в *теории вероятностей* позволяет вычислять т.н. апостериорные вероятности событий через *априорные вероятности*. Пусть $A_1, \dots, A_n$ — полная группа *несовместимых событий*, т.е. $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \Omega$, $A_i \cap A_j = \emptyset$ при $i \neq j$. Пусть, далее, $P(A_j)$ — вероятность события A_j (называемая априорной вероятностью события A_j), и $P(B|A_j)$ — *условная вероятность* события B при условии, что произошло событие A_j , тогда условная вероятность $P(A_j|B)$ события A_j при условии, что произошло событие B , равна

$$P(A_j|B) = \frac{P(B|A_j)P(A_j)}{\sum_{i=1}^n P(B|A_i)P(A_i)}.$$

В описанной ситуации условную вероятность $P(A_j|B)$ называют апостериорной вероятностью (чтобы отличить её от априорной вероятности, т.е. от $P(A_j)$).

См. также *формула полной вероятности*.

фо́рмула Га́усса–Острогра́дского: см. *теорема Гаусса–Остроградского*.

фо́рмула Грீна / Green formula // Greensche Formel *f*: 1) в интегральном исчислении — формула, связывающая *двойной интеграл* по ограниченной *односвязной области* D и *криволинейный интеграл* по её границе Γ :

$$\oint_{\Gamma} P(x, y) dx + Q(x, y) dy = \iint_D \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dx dy.$$

Здесь P и Q — функции, непрерывные в замкнутой области $D + \Gamma$ и непрерывно дифференцируемые в области D ; замкнутый контур Γ пробегается в положительном направлении, т.е. против часовой стрелки.

2) В теории потенциала: а) Формула

$$\iiint_D (u\Delta v - v\Delta u) dx dy dz = \iint_S \left(u \frac{\partial v}{\partial n} - v \frac{\partial u}{\partial n} \right) dS \quad (*),$$

где S — замкнутая поверхность в пространстве, ограничивающая область D , $\frac{\partial}{\partial n}$ — производная по направлению внешней нормали к поверхности S , u и v — непрерывно дифференцируемые функции в $D + S$, дважды непрерывно дифференцируемые в D . Интеграл в правой части формулы (*) — *поверхностный интеграл* 1-го рода.

б) Формула для *гармонической функции* $u(x, y, z)$:

$$u(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u(\xi, \eta, \zeta)}{\partial n} - u(\xi, \eta, \zeta) \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS.$$

Здесь r — расстояние от точки $(x, y, z) \in D$ до переменной точки (ξ, η, ζ) на поверхности S .

фóрмула Даламбёра / d'Alembert formula // d'Alembertsche Formel: формула, выражающая решение задачи с начальными условиями для *уравнения колебаний струны*. Пусть функция $u(x, t)$ удовлетворяет при $-\infty < x < +\infty$, $t > 0$ уравнению $\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ и начальным условиям при $t = 0$: $u|_{t=0} = \phi(x)$, $\frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi(x)$. Тогда имеет место формула Даламбера

$$u(x, t) = \frac{1}{2} [\phi(x - at) + \phi(x + at)] + \frac{1}{2a} \int_{x-at}^{x+at} \psi(\xi) d\xi.$$

Известны обобщения формулы Даламбера для уравнения вынужденных колебаний струны, а также для *волнового уравнения* с двумя или тремя пространственными переменными.

фóрмула Кардано / Cardano formula // Cardanosche Formel: формула для отыскания корней *кубического уравнения*. Кубическое уравнение общего вида $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ делением на a и подстановкой $y = x + \frac{b}{3a}$ приводится к уравнению $y^3 + py + q = 0$. Формула Кардано имеет вид $y = \alpha + \beta$, где $\alpha = \sqrt[3]{s + \sqrt{s^2 + t^3}}$, $\beta = \sqrt[3]{s - \sqrt{s^2 + t^3}}$, $s = -q/2$, $t = p/3$, причём операция извлечения корней 2-й и 3-й степени понимается в смысле *комплексных чисел*. Применяя формулу Кардано, следует для каждого из трёх значений α брать то значение β , для которого выполняется

условие $\alpha\beta = -p/3$ (такое значение всегда существует). В формуле Кардано коэффициенты p и q — любые действительные или комплексные числа. В случае действительных коэффициентов корни уравнения могут быть комплексными или действительными — это зависит от знака дискриминанта $D = -27q^2 - 4p^3$. Если $D \geq 0$, все корни действительные (хотя α и β комплексные), при $D < 0$ один корень действительный, два других — комплексные сопряжённые.

формула Крамера: см. *правило Крамера*.

формула Лагранжа / mean value theorem, Lagrange mean value formula // Mittelwertsatz der Differentialrechnung, Formel von Lagrange: пусть $f(x)$ — непрерывная функция на замкнутом отрезке $[a, b]$, имеющая производную $f'(x)$ во всех точках внутри промежутка (a, b) , тогда существует хотя бы одна точка $\xi \in (a, b)$ такая, что $f(b) - f(a) = f'(\xi)(b - a)$. Эта формула называется также формулой конечных приращений, потому что она связывает значения функции в двух точках, удалённых друг от друга на конечное расстояние.

формула Лапласа / Laplace formula // Laplacesche Formel: дополнительное (обусловленное поверхностным натяжением) давление в жидкости, вызванное искривлением её поверхности: $\Delta p = p_1 - p_2 = 2\sigma_{12}/r$, где p_1 и p_2 — давления в жидкости и контактирующей с ней среде, σ_{12} коэффициент поверхностного натяжения на границе жидкости со средой, $1/r = \frac{1}{2}(1/r_1 + 1/r_2)$ — средняя кривизна поверхности (r_1 и r_2 — главные радиусы кривизны). Для выпуклых поверхностей $r > 0$ и $p > 0$ — давление в жидкости выше, чем в контактирующей с ней среде; для вогнутых поверхностей $r < 0$ и $p < 0$; для плоской поверхности раздела $r = \infty$ и $\Delta p = 0$.

формула Ньютона–Лейбница, основная теорема интегрального исчисления / formula to connect the definite integral and the antiderivative // Verbindungsformel für das bestimmte Integral und die Stammfunktion: формула, связывающая определённый интеграл $\int_a^b f(x) dx$ и первообразную $F(x)$ подинтегральной функции:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a). \quad (**)$$

Таким образом, если известна первообразная, то определённый интеграл легко вычисляется. Выражение в правой части формулы (**) называется двойной подстановкой в функцию $F(x)$ и обозначается $F(x)|_a^b$ или $[F(x)]_a^b$.

формула парабол: см. *формула Симпсона*.

фóрмула Пláнка, закон излучения Планка / Planck radiation law // Plancksches Strahlungsgesetz: закон распределения энергии в спектре *равновесного излучения* при определённой температуре. Впервые был получен в 1900 г. немецким физиком М. *Планком* на основе предположения о том, что энергия излучения поглощается и испускается дискретными порциями — *квантами*. Формула Планка даёт зависимость от циклической частоты ω объёмной плотности энергии равновесного излучения $\rho_T(\omega)$ при температуре T , приходящейся на единичный интервал частоты ω :

$$\rho_T(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2c^3} \cdot \frac{1}{e^{\hbar\omega/kT} - 1}.$$

Формулой Планка называют также выражение, которым определяется спектральная плотность излучения *абсолютно черного тела* $u_T(\omega)$ (энергия излучения, испускаемая с единицы поверхности за единицу времени, отнесённая к единице интервала частот), пропорциональная плотности энергии равновесного излучения $\rho_T(\omega)$: $u_T(\omega) = \frac{1}{4}c\rho_T(\omega)$.

фóрмула пóлной вероятности / total probability formula // Satz von der totalen Wahrscheinlichkeit: в *теории вероятностей*: пусть $A_1, \dots, A_n$ — полная группа *несовместимых событий*, т.е. $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \Omega$, $A_i \cap A_j = \emptyset$ при $i \neq j$. Пусть *условная вероятность* события B при условии события A_i равна $P(B|A_i)$, где $i = 1, \dots, n$. Тогда вероятность $P(B)$ события B вычисляется по формуле полной вероятности:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(B|A_i)P(A_i).$$

См. также *формула Бейеса*.

фóрмула прямоуго́льников / rectangular formula, rectangular method // Rechteckformel f , Rechteckmethode f : в *вычислительной математике* — одна из формул для приближённого вычисления *определённых интегралов* $\int_a^b f(x) dx$. Для вывода этой формулы промежуток интегрирования разбивают на n частей и на каждом частичном промежутке Δ_k заменяют подынтегральную функцию $f(x)$ её значением в какой-нибудь точке ξ_k промежутка Δ_k . Тогда точное значение интеграла, равное площади криволинейной трапеции, заменяется на сумму площадей прямоугольников с основаниями Δ_k и высотами $f(\xi_k)$. Если все частичные промежутки имеют равную длину $h = (b - a)/n$, а каждая точка ξ_k взята в середине Δ_k , то полученная таким путём формула называется формулой средних прямоугольников и имеет вид

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \sum_{k=1}^n f\left(a - \frac{h}{2} + kh\right).$$

фо́рмула Родри́га: см. *полиномы Лежандра*.

фо́рмула Сѝмпсона, формула парабол / Simpson rule, Simpson formula, parabolic rule // Simpsonsche Regel, Parabelformel f , Parabelmethode f : в *вычислительной математике* — одна из формул для приближённого вычисления *определённых интегралов* $\int_a^b f(x) dx$. Для вывода этой формулы промежутки интегрирования разбивают на n равных частей длины $h = (b-a)/n$ и на каждом частичном промежутке Δ_k заменяют подинтегральную функцию $f(x)$ квадратичной функцией вида $g_k(x) = a_k x^2 + b_k x + c_k$, причём на каждом из концов промежутка Δ_k и в его средней точке значение $g_k(x)$ равно значению $f(x)$. Тогда точное значение интеграла заменяется на сумму площадей криволинейных трапеций с основаниями, параллельными оси ординат, с промежутком Δ_k в качестве одной из боковых сторон и параболой (графиком $g_k(x)$) в качестве другой боковой стороны. Полученная таким путём формула называется формулой Симпсона (или парабол) и имеет вид

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{h}{6} \left[f(a) + f(b) + 2 \sum_{k=1}^{n-1} f(a + kh) + 4 \sum_{k=1}^n f(a - \frac{h}{2} + kh) \right].$$

При одинаковом числе частичных промежутков Δ_k формула Симпсона даёт бóльшую точность, чем *формула прямоугольников* или *формула трапеций*.

фо́рмула Стѝрлинга / Stirling formula // Stirlingsche Formel: приближённое значение *факториала* и *Гамма-функции* при больших значениях аргументов:

$$n! = \left(\frac{n}{e}\right)^n \cdot \sqrt{2\pi n} \left(1 + \frac{1}{12n} + O(n^{-2})\right), \quad n \rightarrow \infty,$$

$$\Gamma(x+1) = \left(\frac{x}{e}\right)^x \cdot \sqrt{2\pi x} \left(1 + \frac{1}{12x} + O(x^{-2})\right), \quad x \rightarrow +\infty.$$

Символ $O(t)$ означает величину порядка t при $t \rightarrow 0$, см. *порядковые символы*.

фо́рмула Сто́кса 1: см. *теорема Стокса*.

фо́рмула Сто́кса 2 / Stokes formula // Formel von Stokes: закон, определяющий силу сопротивления F среды, испытываемую твёрдым шаром при медленном поступательном движении в неограниченной вязкой жидкости: $F = 6\pi\mu r v$, где μ — коэффициент динамической вязкости жидкости, r — радиус шара и v — его скорость. Формула Стокса применима лишь для малых чисел *Рейнольдса* $\mathbf{Re} \ll 1$.

фо́рмула Те́йлора / Taylor formula // Taylorsche Formel: если функция $f(x)$ дифференцируема n раз в точке a , то в некоторой окрестности этой

точки имеет место формула Тейлора:

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{1}{2}f''(a)(x-a)^2 + \dots + \frac{1}{n!}f^{(n)}(a)(x-a)^n + r_n(x). \quad (*)$$

Сумма $\sum_{k=1}^n \frac{1}{k!}f^{(k)}(a)(x-a)^k$ называется многочленом Тейлора, а слагаемое $r_n(x)$ — остаточным членом формулы Тейлора. Остаточный член можно записать в форме Пеано: $r_n(x) = o((x-a)^n)$, $x \rightarrow a$, т.е. $r_n(x)$ — бесконечно малая высшего порядка малости по сравнению с $(x-a)^n$. Формула (*) означает, что вблизи точки a функция приближённо равна многочлену Тейлора. Если функция дифференцируема $n+1$ раз в некоторой окрестности точки a , то остаточный член можно представить в форме Лагранжа: $r_n(x) = \frac{1}{(n+1)!}f^{(n+1)}(\xi(x))(x-a)^{n+1}$, где $\xi(x)$ — некоторая промежуточная точка между x и a . При $n = 1$ формула Тейлора (*) превращается в формулу Лагранжа. См. также ряд Тейлора.

формула Тёмсона / Thomson formula // Thomsonsche Gleichung: выражение для периода T собственных колебаний электромагнитного колебательного контура, содержащего катушку индуктивности L и конденсатор ёмкости C : $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

формула Торричелли / Torricelli formula // Torricellishe Formel: приближённое выражение для скорости v истечения жидкости из малого отверстия в дне или боковой стенке открытого сосуда: $v = \sqrt{2gh}$, где h — высота уровня жидкости, отсчитываемая от центра отверстия, g — ускорение свободного падения.

формула трапеций / trapezoid formula, trapezium rule // Trapezregel f , Trapezformel f : в вычислительной математике — одна из формул для приближённого вычисления определённых интегралов $\int_a^b f(x) dx$. Для вывода этой формулы промежуток интегрирования разбивают на n частей и на каждом частичном промежутке Δ_k заменяют подинтегральную функцию $f(x)$ линейной функцией вида $g_k(x) = a_kx + b_k$, причём на каждом из концов промежутка Δ_k значение $g_k(x)$ равно значению $f(x)$. Тогда точное значение интеграла, равное площади криволинейной трапеции, заменяется на сумму площадей трапеций с основаниями, параллельными оси ординат, с промежутком Δ_k в качестве одной из боковых сторон и с графиком функции $g_k(x)$ в качестве другой боковой стороны. Полученная таким путём формула называется формулой трапеций и имеет вид

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \left[\frac{1}{2}(f(a) + f(b)) + \sum_{k=1}^{n-1} f(a + kh) \right].$$

формулировка / formulation // Formulierung f , Fassung f : короткий текст, чётко описывающий постановку задачи или какое-либо утверждение, например, формулировка математической теоремы или физического закона.

фо́рмулы Виéта / Vieta formulae // Vietasche Formeln, Vietascher Wurzelsatz: для *приведённого квадратного уравнения* $x^2 + px + q = 0$: формулы, связывающие корни x_1, x_2 уравнения и его коэффициенты: $x_1 + x_2 = -p$, $x_1 x_2 = q$. Для *алгебраических уравнений* любой степени также существуют формулы типа Виета.

фо́рмулы тригономе́трии / trigonometric formulae // trigonometrische Formeln: основные формулы тригонометрии:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1, \quad \sin(\pi/2 - x) = \cos x, \quad \cos(\pi/2 - x) = \sin x,$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha, \quad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta,$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha, \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha,$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}, \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta - 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$$

Для любых целых $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ имеют место формулы приведения:

$$\sin(\alpha + n\pi) = (-1)^n \sin \alpha, \quad \cos(\alpha + n\pi) = (-1)^n \cos \alpha,$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + n\pi) = \operatorname{tg} \alpha, \quad \operatorname{ctg}(\alpha + n\pi) = \operatorname{ctg} \alpha.$$

Фортра́н, фортран / FORTRAN, Fortran // FORTRAN *n*: созданный в середине 20-го века *язык программирования*, первый из языков высокого уровня. Запись команд («операторов») на Фортране близка к обычной записи математических формул, поэтому этот язык получил широкое распространение, особенно в вычислениях, связанных с физикой и математикой. Существуют модернизированные версии Фортрана, например Фортран-2000.

фо́сфор / phosphorus // Phosphor *m*: элемент *периодической системы химических элементов* (P, номер 15).

фотоаппара́т, фотокамера / camera // Kamera *f*, Fotoapparat *m*: аппарат, позволяющий получать плоские изображения предметов. Традиционный фотоаппарат состоит из корпуса, объектива, затвора, диафрагмы, механизма для протяжки плёнки и дополнительных приспособлений. В настоящее время широкое распространение получили электронные цифровые фотокамеры, в которых оптическое изображение предмета преобразуется в цифровой файл и записывается в электронную память камеры. Такой файл можно далее обрабатывать на компьютере.

фотогра́фия 1) photography // Fotografie *f*: метод получения плоского изображения предметов посредством фотокамеры и фотохимических процессов или компьютерной обработки. 2) photo // Foto *n*, Aufnahme *f*, Bild *n*, Fotografie *f*: фотоснимок, фотоотпечаток.

фотодиод / photodiode // Photodiode *f*: полупроводниковый фотоэлектрический приёмник *оптического излучения* для видимой и инфракрасной области спектра, действие которого основано на явлении *фотопроводимости*, т.е. возбуждении носителей тока при поглощении света. В полупроводниковом кристалле фотодиода имеется *электронно-дырочный переход* (*p–n-переход*), который включается в цепь с внешним источником постоянного тока, создающим запирающее напряжение на *p–n-переходе*. Образующиеся при освещении кристалла неосновные носители тока диффундируют через *p–n-переход*, и возникающий в цепи ток (фототок) в широких пределах линейно зависит от интенсивности падающего излучения. Другой режим работы фотодиода, называемый вентильным, возможен при отсутствии в цепи внешнего источника тока. В этом режиме освещаемый фотодиод используется как генератор фотоэдс. Область спектральной чувствительности фотодиода определяется полупроводниковым материалом, из которого он изготовлен.

фотоионизация / photoionization // Fotoionisation *f*, fotoelektrische Ionisation: *ионизация* посредством светового облучения, т.е. процессы, в которых ионизируемые частицы получают энергию от квантов электромагнитного излучения — *фотонов*. Для атомов и молекул в газах и жидкостях энергия ионизации E_i такова, что фотоионизация возможна только под действием фотонов ультрафиолетового и гамма-излучения. Вероятность фотоионизации максимальна при пороговой энергии фотона $\hbar\omega = E_i$, а затем с ростом ω уменьшается.

фотокамера: то же, что *фотоаппарат*.

фотолюминесценция / photoluminescence // Photolumineszenz *f*: *люминесценция*, возбуждаемая оптическим излучением. Согласно правилу *Стокса*, длина волны света, излучаемого при фотолюминесценции, больше, чем длина волны возбуждающего света. Из этого правила бывают исключения — иногда наблюдаются так называемые антистоксовы линии, длины волн которых короче длины волны возбуждающего света. Более общее утверждение: максимум спектра люминесценции сдвинут по отношению к максимуму спектра поглощения в сторону более длинных волн.

фотометр / photometer // Photometer *n*: прибор для измерения какой-либо из фотометрических величин, характеризующих оптическое излучение по его действию на те или иные спектрально селективные приёмники излучения (см. *фотометрия*). Чаще всего фотометры применяют для измерения какой-либо *световой величины*, характеризующей действие оптического излучения по отношению к так называемому среднему человеческому глазу.

фотометрия / photometry // Photometrie *f*: раздел физической оптики, в котором изучаются энергетические характеристики оптического излучения

в процессах его испускания, распространения и взаимодействия с веществом. При этом энергия излучения усредняется по малым интервалам времени, содержащим, тем не менее, большое число периодов исследуемых электромагнитных колебаний. Основные понятия фотометрии — *поток излучения*, т.е. мощность, переносимая электромагнитным излучением, *освещённость*, *сила света*, *светимость*. Наряду с энергетическими величинами, в фотометрии используются *световые величины*, в которых действие излучения определяется по отношению к среднему человеческому глазу — селективному приёмнику излучения, спектральная чувствительность которого характеризуется так называемой кривой видности, или спектральной световой эффективностью.

фотóн / photon // Photon *n*: элементарная частица, квант электромагнитного излучения, в узком смысле — квант света. Масса покоя фотона равна нулю, и поэтому его скорость равна скорости света. Спин фотона равен единице (в единицах $\hbar$), поэтому фотон относится к бозонам. Фотон может находиться в двух квантовых состояниях с проекциями спина на направление движения, равными ± 1 . Этому свойству фотона в классической электродинамике соответствует поперечность световой волны. Энергия фотона $E = \hbar\omega$, импульс $\vec{p} = \hbar\vec{k}$, где ω и $\vec{k}$ — частота и волновой вектор соответствующей электромагнитной волны ($k = \omega/c$).

фотопрóводимость / photoconduction // Photoleitung *f*, Photoleitfähigkeit *f*: увеличение *электропроводности* полупроводника под действием электромагнитного излучения. Обычно фотопроводимость обусловлена увеличением концентрации подвижных носителей заряда при поглощении света: энергия поглощаемого фотона расходуется на возбуждение электрона из валентной зоны кристалла в зону проводимости, так что в элементарном акте поглощения фотона одновременно увеличивается на единицу число электронов проводимости и дырок в валентной зоне (собственная фотопроводимость). Если электроны из валентной зоны возбуждаются на свободные примесные уровни, возрастает число дырок (дырочная примесная фотопроводимость); если электроны с заполненных примесных уровней возбуждаются в зону проводимости, наблюдается электронная примесная фотопроводимость. Время жизни возбуждаемых светом неравновесных носителей определяется процессами рекомбинации.

фотосíнтез / photosynthesis // Fotosynthese *f*: процесс углеродного питания зелёных растений, осуществляемый при помощи световой энергии, поглощаемой пигментом хлорофиллом. В процессе фотосинтеза растения создают из содержащегося в атмосфере Земли углекислого газа и воды органические вещества, необходимые для построения их органов и поддержания жизненных процессов. Процесс фотосинтеза, заключающийся в восстановлении окисленного углерода, сопровождается выделением в окружающую среду свободного кислорода.

фотоумножитель, фотоэлектронный умножитель / photomultiplier // Fotovervielfacher *m*: вакуумный прибор для преобразования слабых световых сигналов в электрические, основанный на *фотоэлектронной эмиссии* и вторичной электронной эмиссии. Свет, падающий на фотокатод, вызывает эмиссию электронов, происходящую в результате внешнего *фотоэффекта*. Эти электроны разгоняются электрическим полем и попадают на первый из 10 – 20 электродов (динодов), вызывая вторичную электронную эмиссию. В свою очередь возникшие при вторичной эмиссии электроны снова разгоняются и попадают на второй динод, напряжение на котором на несколько десятков вольт выше, чем на первом. Процесс «размножения» электронов в результате вторичной эмиссии повторяется на последующих динодах. В результате даже один фотоэлектрон порождает до $10^9 - 10^{11}$ вторичных электронов, достигающих коллектора, создавая на выходе фотоумножителя импульсы тока большой амплитуды.

фотоэлектрические явления / photoelectric effects // Photoeffekte *pl*, lichtelektrische Effekte: электрические явления, происходящие в веществах под действием падающего электромагнитного излучения, такие как изменение электропроводности (*фотопроводимость*) или диэлектрической проницаемости (фотодиэлектрический эффект), эмиссия электронов из облучаемой поверхности в вакуум или окружающую среду (внешний *фотоэффект*, или *фотоэлектронная эмиссия*), перераспределение электронов по энергетическим состояниям в конденсированном веществе, в частности, переход электронов из связанных состояний в свободные носители внутри твёрдого тела (внутренний фотоэффект).

фотоэлектронная эмиссия / photoelectric emission // Fotoemission *f*, äußerer Fotoeffekt: внешний *фотоэффект*, испускание электронов твёрдыми телами и жидкостями в вакуум или окружающую среду под действием поглощаемого электромагнитного излучения. Фотоэлектронная эмиссия возникает как результат трёх последовательных процессов: поглощения фотона и появление электрона с энергией, значительно превышающей среднюю энергию электронов в веществе; движения этого электрона к поверхности с частичным рассеянием энергии; выхода электрона через поверхность в окружающую среду, т.е. совершение некоторой работы при преодолении энергетического барьера. Последнее возможно при условии, что энергия $\hbar\omega$ поглощённого фотона превосходит работу выхода A для данного вещества (см. *уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*). Количественная характеристика фотоэлектронной эмиссии — квантовый выход, т.е. число высвобождаемых электронов (фотоэлектронов), приходящееся на один фотон падающего на поверхность излучения. Квантовый выход зависит от свойств тела, состояния его поверхности и энергии фотонов.

Основные закономерности внешнего фотоэффекта: 1) количество испускаемых электронов пропорционально интенсивности падающего электромагнитного

излучения; 2) для каждого вещества существует пороговая минимальная частота света (или максимальная длина волны), за которой фотоэлектронная эмиссия не возникает (так называемая «красная граница» фотоэффекта); 3) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой падающего излучения и не зависит от его интенсивности.

фотоэлемент / photocell, photoelectric cell // Fotoelement *n*, Fotozelle *f*: электронный прибор, в котором падающий свет управляет электронным потоком или электрическим током. Действие фотоэлемента основано на превращении энергии электромагнитного излучения (света) в энергию электронов. В фотоэлементах с внешним фотоэффектом электроны под действием света выходят из поверхности катода в вакуум или разреженный газ (см. *фотоэлектронная эмиссия*). Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом — фотосопротивления — представляют собой полупроводники, у которых под действием света число носителей тока (электронов, дырок) увеличивается, и следовательно электросопротивление уменьшается. Фотоэлементы с запирающим слоем — полупроводники, покрытые полупрозрачной плёнкой металла, на границе с которой при освещении поверхности вследствие перехода электронов из полупроводника в проводник возникает разность потенциалов, которая создаёт ток во внешней цепи.

фотоэффе́кт / photoeffect // Fotoeffekt *m*: испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения (см. *фотоэлектрические явления*). Фотоэффект открыл в 1887 г. немецкий физик Г.Герц. Первые фундаментальные исследования фотоэффекта выполнили русский физик А.Г. Столетов в 1888 г. и немецкий физик Ф. Ленард (Ph. Lenard) в 1899 г. Первое теоретическое объяснение законов фотоэффекта дал А. Эйнштейн в 1905 г. (см. *уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*). Фотоэффект может наблюдаться на отдельных атомах и молекулах в газах (фотоионизация); при этом энергия фотона за вычетом энергии ионизации передаётся испускаемому электрону. В конденсированных средах механизм поглощения фотонов зависит от их энергии. Когда энергия фотона превосходит работу выхода, может наблюдаться *фотоэлектронная эмиссия*, т.е. внешний фотоэффект. Если энергия фотона достаточна для возбуждения электронов из связанных состояний в свободные носители внутри твёрдого тела, наблюдается внутренний фотоэффект, сопровождаемый *фотопроводимостью* и другими фотоэлектрическими явлениями.

фрактáл / fractal // Fraktal *n*: в геометрии — всякий класс фигур сложной геометрической формы, сущность которой состоит в самоподобии: каждый фрагмент фигуры подобен самой фигуре, так что фигура инвариантна (т.е. переходит сама в себя) при определённом изменении масштаба; это свойство называют масштабной симметрией. Некоторые объекты в природе имеют (приблизённо) фрактальное строение, например, снежинки или

ветви деревьев. Употребительны и более общие определения понятия фрактал. Для фракталов вводится понятие размерности, которая оказывается нецелым числом.

Термин «фрактал» (от латинского «fractus», т.е. дробный, или разбитый на части) ввёл в 1975 году французский математик Б. Мандельброт (Benoît Mandelbrot, р. 1924). Фрактальная геометрия отличается от обычной евклидовой; её методы и результаты находят применение не только в математике, но и в таких областях как физическая химия, физиология, механика жидкостей, экономика, компьютерная графика.

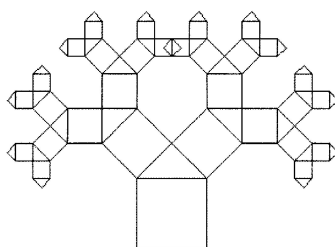


Рис. 188: Фрактал «Пифагорово дерево» строится по правилу: каждая фигура, состоящая из прямоугольного треугольника и двух квадратов, построенных на его катетах, порождает последовательность подобных ей фигур

Фредгóльм (Ivar Fredholm, 1866–1927): шведский математик, создатель теории *интегральных уравнений*.

фредгóльмов оперáтор / Fredholm operator // Fredholm-Operator *m*: в *банаховом пространстве* — линейный оператор вида $B = I + K$, где I — единичный оператор, K — *вполне непрерывный оператор*. Пример: в пространстве непрерывных функций $C[a, b]$ оператор вида $(Bu)(x) = u(x) + \int_a^b K(x, t)u(t) dt$ с непрерывным ядром $K(x, t)$ (см. также *интегральное уравнение*). Иногда фредгольмовым оператором называют интегральный оператор $(Ku)(x) = \int_a^b K(x, t)u(t) dt$.

Френéль (Augustin-Jean Fresnel, 1788–1827): французский физик, создатель волновой теории света и теории дифракции света на основе принципа Гюйгенса–Френеля. В исследованиях Френеля получены многочисленные важные результаты в волновой и физической оптике, кристаллооптике, интерференции поляризованного света.

фрикциóнный / frictional // Friktions=: связанный с трением, основанный на использовании силы трения, например, фрикционный механизм, фрикционная передача.

фронт волнý: см. *волновой фронт*.

фтор / fluorine // Fluor n : газ, элемент *периодической системы химических элементов* (F, номер 9).

фундамент / base // Fundament n , Grundlage f , Basis f : основание, нижняя часть строения. В переносном смысле — основа, например, квантовая теория и теория относительности образуют фундамент современной физики.

фундаментальная последовательность, последовательность Коши / Cauchy sequence // Fundamentalfolge f : последовательность элементов $\{x_n\}$, $x_n \in X$, $n = 1, 2, \dots$, в метрическом пространстве X называется фундаментальной, если для любого числа $\epsilon > 0$ найдётся номер $N(\epsilon)$ такой, что при всех $n > N(\epsilon)$ выполняется неравенство $\rho(x_m, x_n) < \epsilon$. Другими словами: последовательность $\{x_n\}$ называется фундаментальной, если $\rho(x_n, x_m) \rightarrow 0$ при $n, m \rightarrow \infty$. Фундаментальные последовательности называют также сходящимися в себе последовательностями. В евклидовом пространстве всякая фундаментальная последовательность имеет предел.

фундаментальная система решений / fundamental set of solutions // Hauptsystem n , Fundamentalsystem n von Lösungen: а) в алгебре: для однородной системы линейных алгебраических уравнений вида $A\vec{x} = \vec{0}$ фундаментальной системой решений называется набор линейно независимых решений $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_r$, где $r = n - r$, n — число неизвестных, r — ранг матрицы A , $\vec{x} \in \mathbf{R}^n$.

б) В теории дифференциальных уравнений: для однородного линейного обыкновенного дифференциального уравнения $y^{(n)} + a_1(x)y^{(n-1)} + \dots + a_n(x)y = 0$ фундаментальная система решений состоит из n линейно независимых решений $y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)$.

фундаментальное решение, основное решение / fundamental solution // Grundlösung f , Fundamentallösung f : в теории обобщённых функций: для линейного дифференциального уравнения $Lu = f(x)$ фундаментальным решением называется обобщённая функция $E(x)$, удовлетворяющая уравнению $LE(x) = \delta(x)$, где $\delta(x)$ — дельта-функция. Если $E(x)$ — фундаментальное решение, а $v(x)$ — решение однородного уравнения $Lv = 0$, то $E(x) + v(x)$ также является фундаментальным решением. Примеры: 1) $Lu(x) = \frac{du}{dx}$, $E(x) = \theta(x)$ — функция Хевисайда; 2) $Lu(x) = \frac{d^2u}{dx^2} - u$, $E(x) = -\frac{1}{2}e^{-|x|}$; 3) $Lu(x, t) = \frac{\partial u}{\partial t} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $E(x, t) = \frac{\theta(t)}{2a\sqrt{\pi t}} \exp(-\frac{x^2}{4a^2 t})$; 4) $Lu(x, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $E(x, t) = \frac{1}{2a}\theta(at - |x|)$. Если коэффициенты уравнения постоянные, то решение неоднородного уравнения $Lu = f(x)$ выражается с помощью свёртки: $u(x) = (E * f)(x)$.

функтор / functor // Funktor m : в алгебре: см. категория.

функционал / functional // Funktional n : правило J , сопоставляющее каждой функции $f(x)$ из некоторого класса $\mathcal{F}$ число $J[f(x)]$, называемое

значением функционала J на функции $f(x)$. Примеры функционалов: 1) в *гильбертовом пространстве* $L_2[a, b]$ — скалярное произведение функции $y(x)$ и фиксированной функции $g(x)$, $J[y(x)] = (y, g) = \int_a^b y(x)\bar{g}(x) dx$; 2) *дельта-функция* Дирака, $J[y(x)] = (\delta, y) = y(0)$; 3) длина L дуги кривой $y = y(x)$ от точки $(a, y(a))$ до точки $(b, y(b))$, $J[y(x)] = L = \int_a^b \sqrt{1 + y'^2(x)} dx$.

Функционал J называется линейным, если $J[\alpha f + \beta g] = \alpha J[f] + \beta J[g]$ для любых элементов $f, g \in \mathcal{F}$ и любых постоянных чисел α, β . Функционал J в *банаховом пространстве* X называется непрерывным, если из сходимости в X к a последовательности элементов $\{x_n\}_1^\infty$ (т.е. $\|x_n - a\| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$) вытекает сходимость значений функционала: $\lim_{n \rightarrow \infty} J[x_n] = J(a)$.

См. также *вариационное исчисление* и *обобщённые функции*.

функциональная последовательность / function sequence, sequence of functions // Funktionenfolge f : последовательность функций: $f_1(x), f_2(x), \dots$, например, $x, x^2, \dots, x^n, \dots$

функциональное уравнение / functional equation // Funktionsgleichung f : в узком смысле слова: равенство, выражающее свойство, которое характеризует некоторый класс искомых функций. Например, функциональное уравнение $f(x) = f(-x)$ задаёт класс чётных функций. Одними из простейших функциональных уравнений являются уравнения Коши: $f(x + y) = f(x) + f(y)$, $f(x + y) = f(x)f(y)$, непрерывные решения которых, соответственно: $f(x) = Cx$, $f(x) = e^{Cx}$ (в классе разрывных функций возможны и другие решения). В широком смысле слова функциональным уравнением называют любое уравнение вида $P(x) = y$, где x — искомый элемент, y — заданный элемент, а P — заданный оператор в каком-нибудь банаховом пространстве.

функциональный анализ / functional analysis // Funktionalanalysis f : часть математического анализа, основной целью которой является изучение функций $y = f(x)$, где по крайней мере одна из переменных x, y — элемент бесконечномерного пространства. Это изучение состоит, в основном, из следующих разделов: 1) введение и изучение бесконечномерных пространств, т.е. *векторных пространств*, в которых существует бесконечное множество *линейно независимых* векторов; 2) изучение простейших функций, где x бесконечномерно, а y одномерно (такие функции называются *функционалами*); 3) изучение общего случая, когда обе переменные бесконечномерны, тогда $f(x)$ называют *оператором*. Наиболее полно изучены линейные операторы, т.е. линейные функции $f(x)$. Для методов функционального анализа характерно объединение методов классического анализа и алгебры.

функциональный определитель: то же, что *якобиан*.

функциональный ряд / function series, series of functions // Funktioreihe f : *ряд*, члены которого являются функциями: $\sum_{n=1}^{\infty} f_n(x)$. В связи с функциональными рядами вводятся понятия *поточечной сходимости* и *равномерной сходимости*. Важный частный случай функционального ряда — *степенной ряд*.

фун́кция / function // Funktion f : одно из основных понятий математики. Функцией называется соответствие $y = f(x)$ между переменными величинами, сопоставляющее каждому значению некоторой величины x (аргумента, или независимого переменного) определённое значение другой величины y (зависимой переменной, или функции). Множество D_f значений x , на котором задано соответствие $y = f(x)$, называется областью определения функции, а множество R_f соответствующих значений y — множеством (или областью) значений функции. Функция может быть задана аналитически (формулой), а также графиком, таблицей или словесным описанием. С помощью функций математически выражаются многие количественные закономерности в природе.

В более общем смысле функция понимается как *отображение* одного множества (не обязательно числового) на другое множество. См. также *обобщённая функция*.

фун́кция Бэ́сселя, бесселева функция 1-го рода, цилиндрическая функция 1-го рода / Bessel function, (cylindrical) Bessel function of the first kind // Bessel-Funktion f , Zylinderfunktion erster Art: одна из *цилиндрических функций*. Функция Бесселя индекса p может быть определена рядом

$$J_p(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^p \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k! \Gamma(k+p+1)} \left(\frac{z}{2}\right)^{2k},$$

сходящимся при любых вещественных или комплексных z ; здесь Γ — *гамма-функция*. Имеют место рекуррентные формулы

$$z(J_{p-1}(z) + J_{p+1}(z)) = 2pJ_p(z), \quad 2(J_p(z))' = J_{p-1}(z) - J_{p+1}(z).$$

Если p — целое число, то $J_p(z)$ — *регулярная функция* при любых комплексных z , если же число p не целое, то $z = 0$ — *точка ветвления* $J_p(z)$. При чётном индексе функция Бесселя чётна, при нечётном — нечётна. При целых $p = n$: $J_{-n}(z) = (-1)^n J_n(z)$. При вещественных неотрицательных z и p функция Бесселя принимает вещественные значения; график функции имеет вид затухающего колебания.

При полуцелых значениях $p = n + \frac{1}{2}$ функция Бесселя выражается через тригонометрические функции, в частности, $J_{1/2}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \sin x$, $J_{-1/2}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \cos x$. При больших положительных x справедливо асимптотическое

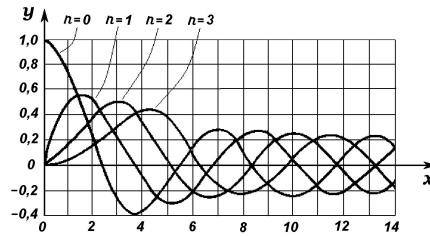


Рис. 189: Функция Бесселя $J_n(z)$

представление

$$J_p(x) \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \cos\left(x - \frac{\pi}{2}p - \frac{\pi}{4}\right).$$

функция Гамильтона / Hamilton function // Hamiltonsche Funktion: в *вариационном исчислении* — функция, с помощью которой записываются каноническая система уравнений и уравнение Гамильтона–Якоби. Канонические переменные в случае простейшего функционала $J[y] = \int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$ вводятся по формулам $y = y$, $p = F_{y'}$. Если $F_{y'y'} \neq 0$, то можно выразить y' как функцию от переменных x, y, p , т.е. $y' = \phi(x, y, p)$. Составляется функция Гамильтона $H(x, y, p) = F(x, y, y') - y' H_{y'}(x, y, y')$, причём $y' = \phi(x, y, p)$. Уравнение Эйлера можно записать в форме канонической, или гамильтоновой, системы уравнений

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\partial H}{\partial y}, \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{\partial H}{\partial p}.$$

Пусть $y = y(x)$ — какая-нибудь экстремаль, выходящая из точки (x_0, y_0) ; интеграл $S(x, y) = \int_{x_0}^x F(x, y, y') dx$, взятый вдоль этой экстремали от точки (x_0, y_0) до переменной точки (x, y) , называется J -расстоянием между точками (x_0, y_0) и (x, y) , или функцией действия. Функция действия S удовлетворяет уравнению с частными производными $\frac{\partial S}{\partial x} = H(x, y, \frac{\partial S}{\partial y})$, называемому уравнением Гамильтона–Якоби. Если известен полный интеграл уравнения Гамильтона–Якоби $S = S(x, y, \alpha) + \beta$, где α и β — произвольные постоянные, то уравнения экстремалей: $\frac{\partial S}{\partial \alpha} = \beta$.

Функцию Гамильтона рассматривают также для функционалов более общего вида. Гамильтонова форма уравнений Эйлера и теория Гамильтона–Якоби имеют важное применение в теоретической механике.

функция Ганкеля, функция Ханкеля, цилиндрическая функция 3-го рода / Bessel function of the third kind, Hankel Bessel function // Hankel-Funktion f , Zylinderfunktion der dritten Art: одна из *цилиндрических функций*.

Первая и вторая функции Ганкеля $H_p^{(1)}(z)$, $H_p^{(2)}(z)$ определяются через функцию Бесселя и функцию Неймана:

$$H_p^{(1)}(z) = J_p(z) + iN_p(z), \quad H_p^{(2)}(z) = J_p(z) - iN_p(z).$$

При нецелых p справедливы формулы

$$H_p^{(1)}(z) = \frac{J_{-p}(z) - e^{-ip\pi} J_p(z)}{i \sin p\pi}, \quad H_p^{(2)}(z) = \frac{e^{ip\pi} J_p(z) - J_{-p}(z)}{i \sin p\pi}.$$

$H_p^{(1)}(z)$ и $H_p^{(2)}(z)$ линейно независимы. При полуцелом значении индекса p функции Ганкеля выражаются через элементарные функции, в частности,

$$H_{\frac{1}{2}}^{(1)}(z) = -i \sqrt{\frac{2}{\pi z}} e^{iz}, \quad H_{\frac{1}{2}}^{(2)}(z) = i \sqrt{\frac{2}{\pi z}} e^{-iz}.$$

При вещественных значениях $z = x$ и p функции Ганкеля комплексны. При $x \rightarrow +\infty$ имеют место асимптотические представления

$$H_p^{(1)}(x) \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} e^{i(x - \frac{\pi}{2}p - \frac{\pi}{4})}, \quad H_p^{(2)}(x) \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} e^{-i(x - \frac{\pi}{2}p - \frac{\pi}{4})}.$$

функция Грина / Green function // Greensche Funktion: в математике: для линейного дифференциального уравнения $Lu(x) = f(x)$ — обобщённая функция $G(x, \xi)$, удовлетворяющая, как функция от x в области D , уравнению $L_x G(x, \xi) = \delta(x - \xi)$ и однородным краевым условиям. Решение неоднородного уравнения $Lu(x) = f(x)$ с однородными краевыми условиями выражается через функцию Грина: $u(x) = \int_D G(x, \xi) f(\xi) d\xi$. См. также фундаментальное решение.

Для обыкновенного дифференциального уравнения $\frac{d^2 u}{dx^2} + q(x)u = f(x)$ на промежутке (a, b) с граничными условиями $u(a) = 0$, $u(b) = 0$ функция Грина выражается через два линейно независимых решения $v_a(x)$, $v_b(x)$ однородного уравнения $v'' + q(x)v = 0$, удовлетворяющих условиям $v_a(a) = 0$, $v_b(b) = 0$. Именно,

$$G(x, \xi) = \frac{1}{W} \begin{cases} v_a(x)v_b(\xi), & a \leq x \leq \xi \leq b \\ v_a(\xi)v_b(x), & a \leq \xi \leq x \leq b \end{cases}, \quad W = v_a v_b' - v_a' v_b.$$

В задаче Дирихле для неоднородного уравнения Лапласа $\Delta u = f$ в области D , с граничным условием $u|_{\partial D} = 0$, функция Грина имеет вид:

а) на плоскости:

$$G(x, y, \xi, \eta) = \frac{1}{2\pi} \ln r + \gamma, \quad r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2};$$

б) в пространстве:

$$G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) = -\frac{1}{4\pi r} + \gamma, \quad r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2},$$

где γ — гармоническая функция в области D такая, что $G|_{\partial D} = 0$.

Функция Дирихле / Dirichlet function // Dirichletsche Funktion:

функция $\chi(x)$, равная единице в рациональных точках и нулю в иррациональных точках. Функция Дирихле может быть задана формулой

$$\chi(x) = \lim_{m \rightarrow \infty} \lim_{n \rightarrow \infty} (\cos m! \pi x)^{2n}.$$

Все точки числовой оси — точки *разрыва* 2-го рода. На любом отрезке *интеграл Римана* от $f(x)$ не существует, *интеграл Лебега* равен 0.

Функция комплексного переменного / function of complex variable // Funktion der komplexen Variable: функция, отображающая некоторое множество *комплексных чисел* в множество комплексных чисел, например, $f(z) = az^2 + bz + c$, $g(z) = e^z$, $\zeta(z) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-z}$, $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{z-1} dt$.

Функция Неймана, бесселева функция 2-го рода, цилиндрическая функция 2-го рода / Bessel function of the second kind, cylindrical Neumann function // Neumann-Funktion f , Zylinderfunktion zweiter Art, Webersche Funktion: одна из *цилиндрических функций*. Функция Неймана индекса p может быть определена через *функции Бесселя* следующим образом:

$$N_p(z) = \lim_{s \rightarrow p} \frac{J_s(z) \cos s\pi - J_{-s}(z)}{\sin s\pi}.$$

Имеют место рекуррентные формулы

$$z(N_{p-1}(z) + N_{p+1}(z)) = 2pN_p(z), \quad 2(J_p(z))' = N_{p-1}(z) - N_{p+1}(z).$$

При вещественных неотрицательных z и p функция Неймана принимает вещественные значения.

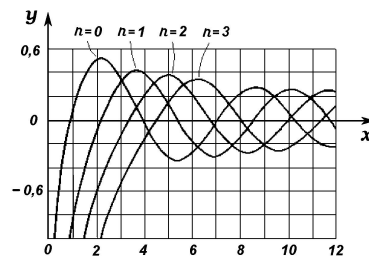


Рис. 190: Функция Неймана

При полуцелых значениях $p = n + \frac{1}{2}$ функция Неймана выражается через тригонометрические функции, в частности, $N_{1/2}(x) = -\sqrt{\frac{2}{\pi x}} \cos x$,

$N_{-1/2}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \sin x$. При больших $x > 0$ справедливо асимптотическое представление

$$N_p(x) \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \sin \left(x - \frac{\pi}{2}p - \frac{\pi}{4} \right).$$

При целых значениях индекса: $N_{-n}(x) = (-1)^n N_n(x)$. При малых $x > 0$:

$$N_0(x) \sim \frac{2}{\pi} \left(\ln \frac{x}{2} + \gamma \right), \quad N_n(x) \sim -\frac{(n-1)!}{\pi} \left(\frac{2}{x} \right)^n,$$

где $\gamma = 0,5772\dots$ — *постоянная Эйлера*, $n = 1, 2, \dots$

ф́ункция нёскольких переменных / function of several variables // Funktion mehrerer Variabler: зависимость одной переменной f от нескольких переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$. Общее обозначение: $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Например, $f(x, y) = x \sin y$, $f(x, y, z) = \frac{x+y+z}{1+x^2}$. См. также *непрерывная функция* и *частная производная*.

ф́ункция ограниченной вариации / function of bounded variation // Funktion von beschränkter Variation: вариацией $V_a^b(f)$ вещественной функции $f(x)$, определённой на отрезке $[a, b]$, называется *верхняя грань* сумм вида $\sum_{k=1}^n |f(x_k) - f(x_{k-1})|$, где $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$ — произвольная система точек на отрезке $[a, b]$. Если $V_a^b(f) < \infty$, то говорят, что функция $f(x)$ имеет ограниченную (или конечную) вариацию на отрезке $[a, b]$.

Вариация *монотонной* функции равна её приращению $f(b) - f(a)$ на отрезке $[a, b]$. Всякая функция $f(x)$ ограниченной вариации на отрезке $[a, b]$: 1) ограничена; 2) может быть представлена в виде разности двух монотонно возрастающих (или двух монотонно убывающих) функций; 3) может иметь не более чем *счётное множество* точек *разрыва*, причём все они 1-го рода; 4) *почти всюду* на $[a, b]$ имеет *производную*. *Ряд Фурье* всякой *периодической функции* ограниченной вариации сходится в каждой точке вещественной оси.

ф́ункция распределения / distribution function // Verteilungsfunktion f : в математике — см. *случайная величина*; в физике — основное понятие *статистической физики*, характеризующее *плотность вероятности* распределения частиц физической системы в фазовом пространстве или по квантовомеханическим состояниям. См. также *случайная величина*, *распределение Больцмана*, *распределение Максвелла*, *распределение Бозе — Эйнштейна*, *распределение Ферми — Дирака*.

ф́ункция состояния / state function // Zustandsfunktion f : в термодинамике — функция независимых параметров, определяющих равновесное состояние термодинамической системы. Функция состояния не зависит от того,

каким образом система пришла в данное состояние, т.е. не зависит от предыстории системы. К функциям состояния относятся, в частности, внутренняя энергия и энтропия. Работа и количество теплоты не являются функциями состояния, так как они характеризуют процесс изменения состояния и их значения зависят от процесса, в результате которого система изменила своё состояние.

ф́ункция Хевиса́йда, единичный скачок, включённая единица / Heaviside function, unit step // Heavisidesche Funktion, Sprungfunktion f : функция $\theta(x)$, равная 0 при $x < 0$ и равная 1 при $x \geq 0$. Её производная в смысле *обобщённых функций*: $\frac{d}{dx}\theta(x) = \delta(x)$.

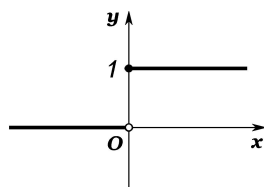


Рис. 191: Функция Хевисайда

ф́ункция Эйри / Airy function // Airysche Funktion: всякое нетривиальное решение дифференциального уравнения Эйри.

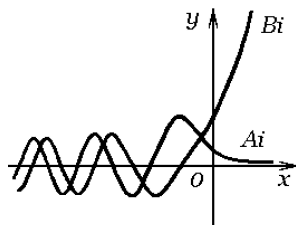


Рис. 192: Функции Эйри

фунт / pound // Pfund n : единица массы в *английской системе единиц*, равная 453,59 г. Фунт стерлингов (pound sterling // Pfund Sterling) — английская денежная единица. В Германии 1 фунт равен 500 граммов.

Фурье (Jean Baptiste Joseph Fourier 1768–1830): французский математик и физик, создатель теории *рядов Фурье* и *интегралов Фурье* и *метода Фурье* для дифференциальных уравнений.

фут / foot [сокр: ft; 1 foot = 1'] // Fuß m , Foot m : единица длины в *английской системе единиц*; 1 фут = 12 дюймам = 30,48 см; 3 фута

составляют 1 ярд.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Х

ха́ос / chaos, randomness // Chaos *n*: динамический хаос — непредсказуемое и на вид случайное, хаотическое поведение, наблюдаемое в системах, управляемых точными детерминистскими законами. Примеры хаотического поведения часто встречаются в физике: турбулентное течение жидкости, динамика планетных движений, колебания простых нелинейных *автономных систем* и нелинейных систем, подверженных строго периодическому внешнему воздействию. Подобные примеры встречаются и в других науках: колебательные химические реакции, невозможность долгосрочного предсказания погоды в метеорологии. Во всех примерах динамического хаоса описывающие систему дифференциальные уравнения нелинейны, и в некоторых областях значений параметров системы оказываются чрезвычайно чувствительными к начальным условиям, так что ничтожные изменения в начальных условиях могут привести к радикальным изменениям в долгосрочном поведении системы. В метеорологии такое поведение получило образное название «эффект бабочки»: в зависимости от того, махнёт ли бабочка крыльями в одной части света, в другой части планеты может случиться или не случиться ураган.

хаоти́ческий / random, chaotic // chaotisch: беспорядочный, случайный.

хаоти́ческое движе́ние / random motion // ungeordnete Bewegung, chaotische Bewegung: нерегулярное, беспорядочное движение, имеющее случайный характер. Хаотическое тепловое движение совершают, в частности, молекулы газа, находящегося в состоянии термодинамического равновесия, или макроскопические частицы, взвешенные в газе или жидкости (см. *броуновское движение*). Хаотические движения могут наблюдаться также в простых нелинейных системах (т.е. системах с небольшим числом степеней свободы, поведение которых подчиняется нелинейным дифференциальным уравнениям), несмотря на детерминистский характер описывающих их законов — так называемый динамический *хаос*.

хаоти́ческий аттра́ктор, странный аттрактор / chaotic attractor, strange attractor, stochastic attractor // chaotischer Attraktor: диссипативные системы (т.е. системы с внутренним трением) в процессе эволюции обычно приходят либо в состояние равновесия, либо выходят на режим периодического движения (*предельный цикл*). В таких случаях точка в *фазовом пространстве*,

изображающая состояние системы, с течением времени приближается к определённому аттрактору (притягивающему множеству), имеющему вид либо фиксированной точки, либо замкнутой кривой. Однако в случаях *хаотического движения* системы аттрактор в фазовом пространстве имеет более сложную структуру: притягивающее множество может занимать ограниченную область фазового пространства, характеризуемую дробной (фрактальной) размерностью. Граница такой области также может иметь фрактальную размерность.

харáктер представлénия / character of a representation // Charakter einer Darstellung: в математике (в теории *групп*): пусть f — представление группы G квадратными матрицами $A(g)$, $g \in G$, какого-нибудь фиксированного порядка. Функция $\chi_f(g) = \text{Tr } A(g)$, $g \in G$, называется характером представления f группы G ; здесь $\text{Tr } A$ означает *след* матрицы A .

характеристика / characteristics // Charakteristik f : справка, документ, письменный или устный текст, описывающий (по мнению составителя текста) качества данного лица или предмета.

В физике — графическое изображение зависимости двух величин, например, вольт-амперная характеристика.

В математике — одно из основных понятий в теории *дифференциальных уравнений с частными производными*. Рассмотрим уравнение 2-го порядка

$$\sum_{i,k=1}^n a_{ik}(\vec{x}) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} + \sum_{k=1}^n b_k(\vec{x}) \frac{\partial u}{\partial x_k} + c(\vec{x})u = f(\vec{x}) \quad (*)$$

для неизвестной функции $u(\vec{x})$, где $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$. Характеристикой уравнения (*) называется поверхность $\phi(\vec{x}) = 0$ (линия в случае $n = 2$), такая что функция $\phi(\vec{x})$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$\sum_{i,k=1}^n a_{ik}(\vec{x}) \frac{\partial \phi}{\partial x_i} \frac{\partial \phi}{\partial x_k} = 0,$$

причем $\text{grad } \phi \neq \vec{0}$. Пример: характеристики *уравнения колебаний струны* — прямые линии $x + at = C$, $x - at = C$.

характеристическая фúнкция / characteristic function // charakteristische Funktion: в *теории вероятностей*: характеристическая функция случайной величины X , имеющей функцию распределения $F(x)$, определяется как *интеграл Стильеса* $\chi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF(x)$. Если X — непрерывная случайная величина с плотностью распределения $\rho(x)$, то данная формула приобретает вид $\chi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} \rho(x) dx$. (См. также *преобразование Фурье*). Для дискретной случайной величины, заданной набором возможных значений $x_1, \dots, x_n$ и их вероятностей $p_1, \dots, p_n$, соответствующая формула

имеет вид $\chi(t) = \sum_{k=1}^n e^{ix_k t} p_k$. Аппарат характеристических функций оказывается весьма полезным для доказательства различных теорем теории вероятностей, в частности, *предельных теорем*.

характеристическая функция множества / characteristic function of a set // charakteristische Funktion der Menge: функция $\chi_M(x)$, определённая на произвольном множестве M следующим образом: $\chi_M(x) = 1$ при $x \in M$, $\chi_M(x) = 0$ при $x \notin M$.

характеристический полином / characteristic polynomial // charakteristisches Polynom: характеристический полином квадратной $n \times n$ матрицы A — полином n -й степени от переменной λ : $\chi(\lambda) = \det(A - \lambda I)$, где I — единичная матрица. У *подобных матриц* характеристические полиномы совпадают. См. также *собственное значение матрицы*.

характеристический рентгеновский спектр / X-ray characteristic spectrum // charakteristisches Röntgenspektrum: линейчатый спектр электромагнитного излучения атома, вызванный *квантовыми переходами* на внутренние глуболежащие электронные оболочки атома. Каждому химическому элементу присущ свой характеристический спектр, линии которого образуют регулярные серии.

характеристическое число, собственное число / eigenvalue // Eigenwert m : корни *характеристического полинома* матрицы называются её *собственными значениями*, или собственными числами, или характеристическими числами.

характеристическое уравнение / characteristic equation, secular equation // charakteristische Gleichung: уравнение $\chi(\lambda) = 0$, где $\chi(\lambda) = \det(A - \lambda I)$ — *характеристический полином* матрицы A , называется характеристическим (или вековым) уравнением этой матрицы.

хаусдорфово пространство, T_2 -пространство / separated space, Hausdorff space, T_2 -space // Hausdorff-Raum m , T_2 -Raum: *топологическое пространство*, в котором введена аксиома отделимости: для любых двух различных элементов x, y пространства существуют непересекающиеся окрестности этих элементов: $x \in U$, $y \in V$, $U \cap V = \emptyset$. Всякое *метрическое пространство* является хаусдорфовым пространством.

хвост / tail, remainder // Schwanz m : в математике (в теории рядов): сумма членов ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ от 1-го до n -го — *частичная сумма*, сумма членов от $(n + 1)$ -го до бесконечности — остаток, или «хвост» ряда.

хемилюминесценция / chemiluminescence // Chemilumineszenz f : *люминесценция*, сопровождающая химические реакции. При хемилюминесценции свет излучают продукты реакции, образующиеся в возбуждённых *квантовых состояниях*. Хемилюминесценция лежит в основе действия химических лазеров и хемилюминесцентного анализа.

хи-квадрат распределение, χ^2 -квадрат распределение / chi-square distribution, χ^2 -distribution // χ^2 -Verteilung f , Chi-Quadrat-Verteilung f : в теории вероятностей и математической статистике — распределение вероятностей с плотностью $h_n(x)$:

$$h_n(x) = 0, \quad x < 0; \quad h_n(x) = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} e^{-\frac{x}{2}} x^{\frac{n}{2}-1}, \quad x \geq 0,$$

где Γ — *гамма-функция*, $n > 0$ — параметр, называемый числом степеней свободы. Такое распределение имеет функция $\chi^2 = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (X_i - a)^2$ от независимых случайных величин $X_1, \dots, X_n$, распределённых по одному и тому же *нормальному закону* с параметрами a, σ^2 . Хи-квадрат распределение введено английским математиком Пирсоном (Karl Pearson, 1857–1936), одним из основателей современной математической статистики. С этим распределением связаны важные распределения: в статистической физике — *распределение Максвелла*, в математической статистике — *распределение Стьюдента*.

химическая связь / chemical bond // chemische Bindung: связь между атомами в молекуле или в кристалле, возникающая в результате либо переноса электрона с одного атома на другой, либо обобществления электронов парой атомов. Образование химических связей обусловлено действием сил электромагнитной природы. Но полное описание химической связи в рамках классической электродинамики невозможно, так как для объяснения связи необходимо принимать во внимание квантовые закономерности. Образование молекул и кристаллов из изолированных атомов или многоатомных групп связано с понижением энергии системы и тем самым с повышением её устойчивости. Основные типы химической связи — ионная, реализующаяся при переносе электронов с одного атома на другой, что приводит к понижению энергии в результате электростатического взаимодействия образующихся при этом ионов, и ковалентная (гомеополярная), обусловленная образованием электронных пар при обобществлении электронов соседних атомов. При образовании ковалентной связи понижение энергии связано с квантовыми эффектами и не имеет классического объяснения. Связь между атомами в металлах, обусловленная обобществлением внешних электронов атомов с образованием положительных ионов и окружающей эти ионы электронной жидкости, называют металлической.

химический / chemical // chemisch: связанный с *химией*, например, химическая реакция, *химический элемент*, химическое соединение.

химический элемент / chemical element // chemisches Element, chemischer Grundstoff: одно из основных, химическим путем неразложимых веществ, из которых состоят все сложные вещества. Примеры химических

элементов: водород, кислород, железо, углерод, уран. Химические элементы классифицированы по строению их атомов в *периодической таблице химических элементов*. Химическими элементами называют также отдельные атомы, соответствующие этим элементам.

хи́мия / chemistry // Chemie *f*: наука об атомах и их соединениях, о химических свойствах и таких превращениях веществ, при которых из одних молекул образуются другие молекулы путём соединения, разъединения и перегруппировки образующих их атомов. При химических превращениях образуются новые химические вещества, а сами атомы, т.е. *химические элементы*, не изменяются. В химических процессах некоторые изменения происходят лишь во внешней электронной оболочке атомов; ядро и внутренние электронные оболочки остаются при этом неизменными.

Разграничение физики и химии имеет в значительной мере условный характер. Переходная область — физическая химия — изучает взаимную связь физических и химических процессов. Кроме физики, химия соприкасается и с другими естественными науками, особенно с геологией и биологией. Основные разделы химии — общая и неорганическая химия, изучающая химические элементы и их простейшие соединения; химия комплексных соединений; физико-химический анализ; органическая химия (химия углеводородов и их производных); коллоидная химия; электрохимия; радиохимия; химическая физика; химия высокомолекулярных соединений.

хлор / chlorine // Chlor *n*: газ, элемент *периодической системы химических элементов* (Cl, номер 17).

Хо́лла эффе́кт: см. *эффект Холла*.

холоди́льник 1 / cooler, cold reservoir // Niedrigtemperaturreservoir *n*: в *термодинамике*: тело, получающее теплоту от термодинамической системы при некотором процессе (например, в тепловой машине, работающей по *циклу Карно*) — тепловой резервуар с температурой более низкой, чем у нагревателя.

холоди́льник 2, холодильная машина / refrigerator, fridge // Kühlschrank *m*: техническое устройство, с помощью которого с затратой энергии (механической, электрической и т.п.) производится отвод теплоты от охлаждаемых тел, температура которых ниже, чем в окружающей среде.

хо́рда / chord // Sehne *f*: в геометрии: хорда — прямолинейный отрезок, концы которого лежат на окружности (в общем случае — на кривой). Хорда дуги — прямолинейный отрезок, концы которого совпадают с концами дуги; при этом говорят, что хорда стягивает дугу.

хром / chromium // Chrom *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Cr, номер 24)

хрома́тическая абе́рра́ция / chromatic abberation, color aberration // chromatische Aberration: искажения, погрешности изображений, формируемых

оптической системой, проявляющиеся в том, что оптические изображения в белом свете оказываются окрашенными. Возникновение хроматической аберрации связано с *дисперсией*, т.е. зависимостью показателя преломления материалов линз и призм от длины волны света. В результате изображения, формируемые системой в отдельных монохроматических составляющих белого света, не совпадают друг с другом. Для уменьшения хроматической аберрации используют комбинации линз из материалов с разными показателями преломления, например, ахроматические объективы, в которых хроматическая аберрация, вносимая одними оптическими элементами, компенсируется аберрацией противоположного знака, вносимой другими элементами. Хроматическая аберрация отсутствует у зеркальных оптических систем, так как зеркало отражает одинаково лучи всех длин волн. См. также *абберация*.

хроматический / chromatic, color // chromatisch: цветовой.

хрупкость / brittleness // Zerbrechlichkeit *f*, Sprödigkeit *f* [о металлах]: свойство предмета или материала раскалываться на части под действием ударов или давления.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ц

цвет / color, colour [англ] // Farbe *f*: одно из свойств материальных тел, воспринимаемое как определённое зрительное ощущение. Наблюдатель присваивает объекту тот или иной цвет в процессе зрительного восприятия этого объекта. Цвет наблюдаемого предмета обусловлен многими факторами: свойствами поверхности предмета и её окраской; оптическими свойствами источников света и среды, через которую распространяется свет; свойствами зрительного анализатора головного мозга и особенностями психофизиологического процесса переработки зрительных ощущений в мозговых центрах.

Свет определённого спектрального состава вызывает вполне определённые цветовые ощущения. Для монохроматического света цвет зависит только от длины световой волны. Это так называемые чистые спектральные цвета: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый. Однако соотношение между спектральным составом излучения и цветовыми ощущениями не взаимно однозначное: одни и те же цветовые ощущения могут вызываться излучениями разного спектрального состава. Существуют различные системы определения цвета как физической величины в виде совокупности трёх чисел (см. *цветовые измерения*), но в действительности однозначность восприятия данного цвета достигается лишь при стандартизованных

условиях наблюдения. При уточнённом описании цвета используют три субъективных атрибута: цветовой тон, насыщенность и светлоту. Ахроматические (бесцветные, серые) тона характеризуются только насыщенностью. Ахроматичность несамосвещающихся объектов обусловлена более или менее одинаковым отражением ими излучений всех длин волн в пределах видимого спектра. Цвет ахроматических поверхностей, отражающих максимум света, называется белым. Светлоту окрашенных объектов оценивают, сопоставляя их с ахроматическими объектами.

Любые два излучения, создающие в смеси белый цвет (например, зеленый и пурпурный), называются дополнительными цветами. В случае света сложного спектрального состава цвет зависит не только от длин волн, составляющих данный свет, но и от интенсивности каждой составляющей. Излучения разного спектрального состава, которые визуально воспринимаются как одинаковые цвета, называются метамерами.

цветной / colour, color [амер], coloured, chromatic // farbig, Farb=: а) предмет, окрашенный в различные цвета, например, цветное фото (color photo // Farbfoto *n*); б) аппарат, создающий цветные изображения: цветной принтер (color printer // Farbdrucker *m*), цветной телевизор (color TV-set // Farbfernseher *m*).

цветной кварк / color quark // Color-Quark *n*, farbiges Quark: каждый тип *кварка* может находиться в трёх физически неразличимых «цветовых» состояниях, т.е. обладает «цветовым» зарядом, определяющим взаимодействие этих частиц в кварковой модели *адронов*. В свободном состоянии «цветные» частицы не обнаружены, что связывают с так называемым удержанием «цвета».

цветовая температурá / color temperature // Farbtemperatur *f*: физический параметр, определяющий распределение интенсивности какого-либо источника света по длинам волн в оптическом диапазоне спектра. За цветовую температуру источника принимают температуру *абсолютно чёрного тела*, имеющего в рассматриваемом интервале длин волн то же относительное распределение интенсивности, что и данный источник. Цветовая температура определяет видимый цвет источника. Понятие цветовой температуры широко используется в астрофизике, фотометрии и светотехнике.

цветовые измерения, колориметрия / colorimetric measurements // Kolorimetrie *f*: наука о методах измерения и количественного выражения *цвета*. В результате цветовых измерений определяются три числа, полностью определяющие цвет при некоторых стандартизованных условиях его наблюдения. В основе математического описания цвета лежит экспериментально установленный факт, что любой цвет можно определить в виде суммы (смеси) трёх независимых цветов. Для определения цветовой координатной системы

выбирают три линейно независимых цвета, которые в этом случае называют основными цветами. Если в качестве основных цветов выбраны красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue), соответствующую систему цветовых координат называют RGB-системой. Каждый цвет характеризуется тремя числами, показывающими количества основных цветов в смеси, цвет которой зрительно неотличим от данного цвета.

цэзий / cesium // Cäsium *n*: металл, элемент *периодической системы химических элементов* (Cs, номер 55).

целая ф́ункция / integral [амер: entire] function // ganze Funktion: функция *комплексного переменного z , регулярная* при всех $z \neq \infty$. Примеры целых функций: *полиномы*, e^z , $\sin z$, $\cos z$.

целая часть числа́ / integral part of a number, entier of a number // der ganze Teil der Zahl: целая часть *вещественного числа x* — наибольшее из *целых чисел*, не превосходящих числа x . Целая часть числа x обозначается $Entier(x)$ или $[x]$, например, $[3, 14] = 3$; $[-3, 14] = -4$.

целева́я ф́ункция / goal [or: objective] function // Zielfunktion *f*: название оптимизируемой функции в задачах *математического программирования*.

целое число́ / integer // ganze Zahl: одно из чисел вида $\dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\dots$. Целые положительные числа — то же, что *натуральные числа*. Множество целых чисел обозначается **Z**. Это множество бесконечно и притом *счётно*.

цело-зна́чная ф́ункция / integer-valued function // ganzzwertige Funktion: функция, значения которой — целые числа. Примеры: а) $[x]$ — *целая часть числа x* ; б) $\chi_M(x)$ — *характеристическая функция множества M* .

целочи́сленный / integer, integral // ganzzahliger: равный какому-либо целому числу. «Уравнение с целочисленными коэффициентами» / equation with integral coefficients // ganzzahlige Gleichung.

цель 1) aim, object, goal, purpose // Zweck *m*: то, для чего делается что-либо: «цель нашего исследования — найти необходимые и достаточные условия существования решения задачи» / the aim of our research is to find necessary and sufficient conditions for existence of a solution of the problem // der Zweck unserer Forschung ist, die notwendigen und hinreichenden Bedingungen der Existenz einer Lösung des Problems zu finden; 2) target // Ziel *n*: мишень (при стрельбе).

Цельсий (Anders Celsius, 1701–1744): шведский астроном. Создал термометр со шкалой, в которой единицей измерения является 1 градус Цельсия. За нулевую температуру принята температура замерзания воды, а температура кипения воды — за 100 градусов (то и другое при нормальном атмосферном давлении). См. также *Кельвин*, *Фаренгейт*, *Реомюр*.

це́на делёния шка́лы / scale division // Skalenteilung *f*: разность

между соседними делениями шкалы прибора, например, 1 мм на приборе для измерения длины (линейке, штангенциркуле).

цѐнтнер [сокр: ц] / centner // Zentner *m* [сокр: Z., Ztr.]: в *метрической системе*: 1 центнер равен 100 кг; в Германии: 1 Ztr. = 50 кг (1 Doppelzentner = 100 kg).

центр / centre, center [амер] // Mittelpunkt *m*: 1) в геометрии — центр *круга*, центр *шара*, центр *симметрии*; 2) в физике — центр притяжения, *центр тяжести*; 3) centre, center // Zentrum *n*: место сосредоточения деловой или культурной жизни: торговый центр, вычислительный центр, исторический центр.

централиза́ция / centralization // Zentralisation *f*: сосредоточение управления, ресурсов, денежных фондов в одном центре.

це́нтра́льная прое́кция, коническая проекция, перспектива / central projection, conic projection, perspective // Zentralprojektion *f*, Kegelprojektion *f*, Perspektive *f*: в геометрии: пусть в пространстве фиксированы (произвольно выбранные) точка O и плоскость α , не проходящая через эту точку. Точка O называется центром, а плоскость α — плоскостью проекции. Через точку O и заданную точку M проводим прямую линию до её пересечения с плоскостью α ; точка M' пересечения называется центральной проекцией точки M на плоскость α . Если прямая OM параллельна плоскости, то центральной проекцией точки условно считается бесконечно удаленная точка. Если каждая точка фигуры F спроектирована (или «спроецирована») на плоскость α в виде фигуры F' , то F' называется центральной проекцией фигуры F на эту плоскость. См. также *проекция* и *проективная геометрия*.

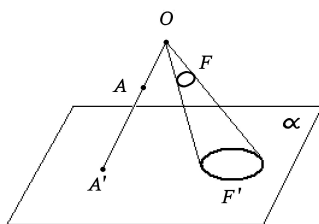


Рис. 193: Центральная проекция

це́нтра́льная симме́трия / central symmetry // Zentralsymmetrie *f*: в геометрии: а) пусть в пространстве фиксирована некоторая точка O , называемая центром симметрии, и рассматривается произвольная точка $M \neq O$. Из точки M проведем луч через точку O и отметим на этом луче точку M' такую, что точка O окажется серединой отрезка MM' : $|MO| =$

$|OM'|$. Точка M' называется симметричной точке M относительно центра O , а отображение M на M' называется центральной симметрией. Если (x, y, z) — *декартовы координаты* точки M в координатной системе с центром в точке O , то точка M' имеет координаты $(-x, -y, -z)$. Пусть L — некоторое множество точек; множество L' , состоящее из точек, центрально-симметричных точкам множества L , называется центрально-симметричным множеством L . См. также *симметрия*.

б) Свойство фигуры быть симметричной относительно центра. Это означает, что при центрально-симметричном отображении (см. «а») фигура отображается сама на себя. Примеры фигур, обладающих центральной симметрией: отрезок, параллелограмм, круг, эллипс, гипербола, куб, параллелепипед, прямой круговой цилиндр, шар.

центральный угол / central angle // Zentriwinkel m : в круге — угол, образованный двумя радиусами, выходящими из центра круга.

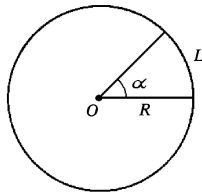


Рис. 194: Центральный угол

Величина (в радианах) центрального угла равна отношению длины дуги L , стягиваемой углом, к радиусу R : $\alpha = \frac{L}{R}$.

центр инерции, центр масс / center of inertia, center of mass // Trägheitsmittelpunkt m , Massenmittelpunkt m : геометрическая точка, положение которой в некотором смысле характеризует положение и движение тела или механической системы как целого; в частности, полный импульс тела или системы тел (материальных точек) равен произведению полной массы на скорость центра масс. Для системы материальных точек радиус-вектор центра масс $\vec{r}_c$ представляет собой среднее взвешенное радиусов-векторов отдельных точек, т.е. выражается через радиусы-векторы $\vec{r}_i$ и массы m_i отдельных точек формулой: $\vec{r}_c = \sum_i m_i \vec{r}_i / M$, где $M = \sum_i m_i$ — полная масса системы. Для тела с непрерывным распределением масс суммы заменяются соответствующими интегралами.

Понятие центра инерции отличается от понятия *центра тяжести* как точки приложения равнодействующей сил тяготения, действующих на отдельные точки тела, так как существование центра инерции применимо к любой системе и не связано ни с каким силовым полем, тогда как

понятие центра тяжести применимо только для тела, находящегося в поле тяжести. Для твёрдого тела в однородном поле тяжести положения центра инерции и центра тяжести совпадают.

центрифуга / centrifuge // Zentrifuge f : аппарат для механического разделения составных частей (жидкой) смеси, имеющих различную плотность. В цилиндрический барабан загружают смесь и приводят барабан в быстрое вращение вокруг оси. Под действием центробежной силы более плотные составные части смеси оседают на цилиндрической стенке барабана, а более лёгкие «всплывают» и оказываются ближе к оси.

центр кривизны / center of curvature // Krümmungsmittelpunkt m : центр кривизны в точке T плоской кривой γ — центр *круга кривизны*, касающегося кривой γ в этой точке.

центр масс / center of mass // Massenmittelpunkt m : то же, что *центр инерции*.

центробежная сила / centrifugal force // Zentrifugalkraft f : сила, с которой движущееся тело действует на связь, ограничивающую свободу движения тела и заставляющую его двигаться криволинейно. Центробежная сила направлена по нормали к траектории в сторону от центра кривизны и по величине равна mv^2/R , где m — масса тела, v — его скорость, R — радиус кривизны траектории. Приложенная к связи центробежная сила равна и противоположна *центростремительной силе*, действующей на само тело со стороны связи. Центробежную силу, приложенную к связи, не следует смешивать с центробежной силой инерции (псевдосилой), приложенной к самому телу, если движение тела рассматривается во вращающейся (неинерциальной) системе отсчета.

центростремительная сила / centripetal force // Zentripetalkraft f : сила, действующая на тело при криволинейном движении и направленная по нормали к её траектории в сторону центра кривизны (к центру окружности при движении по окружности). По величине центростремительная сила равна mv^2/R , где m — масса тела, v — его скорость, R — радиус кривизны траектории.

центростремительное ускорение / centripetal acceleration // Zentripetalbeschleunigung f : то же, что и *нормальное ускорение*. Обычно термин центростремительное ускорение применяют для равномерного движения точки по окружности, когда её ускорение направлено к центру этой окружности.

центр тяжести, барицентр / centroid, center of gravity, barycenter // Schwerpunkt m : связанная с твёрдым телом геометрическая точка, через которую проходит равнодействующая всех сил тяжести, действующих на отдельные частицы тела. Центр тяжести может не совпадать ни с одной из точек данного тела, как, например, в случае массивного обруча или

кольца. Положение центра тяжести твёрдого тела в однородном поле тяжести совпадает с положением *центра масс* этого тела.

цепная дробь, непрерывная дробь / continued fraction // Kettenbruch m : выражение (конечное или бесконечное) вида

$$m_0 + \frac{1}{m_1 + \frac{1}{m_2 + \dots}},$$

где m_0 — целое число, m_k ($k = 1, 2, \dots$) — натуральные числа. Число m_0 называется целой частью цепной дроби, а отношения $1/m_k$ — звеньями, или неполными частными. Всякая конечная цепная дробь может быть преобразована в *обыкновенную дробь*, например, $3 + \frac{1}{2 + \frac{1}{7}} = 3 + \frac{1}{15/7} = \frac{52}{15}$. Конечную цепную дробь с целой частью m_0 и звеньями $1/m_1, 1/m_2, \dots, 1/m_n$ записывают в виде $[m_0; m_1, m_2, \dots, m_n]$. Для заданной конечной цепной дроби $D_n = [m_0; m_1, \dots, m_n]$ «укороченная» цепная дробь вида $D_k = [m_0; m_1, \dots, m_k]$, где $k \leq n$, называется подходящей дробью порядка k . Подходящие дроби чётного порядка $D_2, D_4, \dots$ образуют возрастающую последовательность, а нечётного порядка $D_1, D_3, \dots$ — убывающую последовательность, при этом цепная дробь D_n , где $n \geq 2j+1$, заключена между подходящими дробями чётного и нечётного порядков: $D_{2j} \leq D_n \leq D_{2j+1}$. Бесконечная цепная дробь понимается как предел последовательности конечных цепных дробей: $[m_0; m_1, m_2, \dots] = \lim_{n \rightarrow \infty} [m_0; m_1, m_2, \dots, m_n]$. Любое *вещественное число* может быть представлено в виде цепной дроби, при этом конечные цепные дроби соответствуют *рациональным числам*, а бесконечные — *иррациональным числам*.

цепная линия / catenary // Kettenlinie f : график функции $y = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}$, где $a > 0$ (см. *гиперболические функции*).

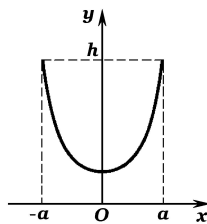


Рис. 195: Цепная линия

Такую форму в вертикальной плоскости Oxy принимает под действием силы тяжести тяжёлая, однородная, идеально гибкая, тонкая и нерастяжимая нить длины $2b$, подвешенная в двух точках: (a, h) и $(-a, h)$, где $b = a \operatorname{sh} 1$, $h = \sqrt{a^2 + b^2}$.

цепная реакция / chain reaction // Kettenreaktion f : в физике и химии — процесс, при котором образующиеся продукты поддерживают

протекание процесса и обеспечивают его продолжение. Пример химической цепной реакции — горение, при котором выделяющееся тепло создаёт достаточную для интенсивной окислительной реакции температуру. Ядерные цепные реакции — ядерные реакции, в которых частицы, вызывающие их, образуются как продукты этих реакций. Цепная реакция деления ядер урана под действием нейтронов впервые была осуществлена в 1942 г. Э. Ферми. В результате деления ядра урана при поглощении нейтрона образуется несколько нейтронов, которые в свою очередь могут вызвать деление других ядер урана и обеспечить самоподдерживающуюся цепную реакцию деления. Число нейтронов, приходящихся на один нейтрон предыдущего поколения, называется коэффициентом размножения нейтронов. При больших значениях коэффициента размножения реакция становится неуправляемой и может привести к ядерному взрыву.

цепное правило / chain rule // Kettenregel f : правило дифференцирования сложной функции $f(h(x))$: если обе функции $f(h)$ и $h(x)$ дифференцируемы, то $\frac{d}{dx}f(h(x)) = \frac{df}{dh} \cdot \frac{dh}{dx}$.

цепочка / chain, sequence // Kette f : последовательность уравнений или формул, в которой каждое следующее уравнение связано с одним предыдущим или несколькими предыдущими. Например, уравнения системы вида $f_1(x_1) = b_1$, $f_2(x_2) = x_1, \dots, f_n(x_n) = x_{n-1}$ с неизвестными $x_1, \dots, x_n$ образуют цепочку; числа Фибоначчи a_n также образуют цепочку: $a_1 = 1$, $a_2 = 1$, $a_n = a_{n-1} + a_{n-2}$. См. также *присоединённый вектор*.

цепь 1 / circuit // Stromkreis m : электрическая цепь.

цепь 2 / chain // Kette f : в математике: а) в теории множеств — то же, что линейное множество, см. *упорядоченное множество*; б) в анализе: последовательность областей $D_1, D_2, \dots, D_n$ составляет цепь, если каждая область D_k пересекается только со следующей областью (за исключением, быть может, пары D_1, D_n): $D_k \cap D_{k+1} \neq \emptyset$ при $k = 1, \dots, n-1$, и $D_k \cap D_j = \emptyset$ при $|k-j| > 1$. Цепь областей называется замкнутой, если $D_1 \cap D_n \neq \emptyset$. См. также *аналитическое продолжение*.

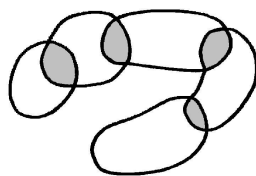


Рис. 196: Цепь областей

цепь Мэркова / Markov chain // Markovsche Kette: в теории вероятностей:

последовательность зависимых испытаний такая, что при каждом испытании вероятность любого возможного результата испытания зависит от результата предыдущего испытания, но не зависит от результатов как более ранних предшествующих, так и последующих испытаний. Результаты испытаний называют также исходами испытаний, или состояниями системы. Таким образом, в цепи Маркова на состояние системы влияет только ближайшее прошлое состояние и не влияют будущие состояния. В более общем случае учитывается зависимость состояния от нескольких предшествующих друг другу состояний.

Определение простой цепи Маркова: Пусть последовательность испытаний такова, что в результате каждого испытания возможно появление одного из событий $A_1, \dots, A_k$, причём *условная вероятность* появления события A_i в $(n+1)$ -м испытании при условии, что в n -м испытании появляется событие A_i , равна $P_{ij}^{(n)}$; если при этом величины $P_{ij}^{(n)}$ не зависят от результатов испытаний, предшествующих n -му и последующих $(n+1)$ -му испытаниям, то говорят, что последовательные испытания образуют простую цепь Маркова.

Вероятности $P_{ij}^{(n)}$ ($i, j = 1, \dots, k$) составляют *матрицу* перехода $\pi^{(n)}$ от n -го испытания к $(n+1)$ -му. Далее рассматриваются однородные цепи Маркова — цепи, в которых матрица перехода не зависит от номера испытания; в этом случае матрицу перехода обозначают π , а её элементы p_{ij} . Свойства матрицы перехода: 1) $0 \leq p_{ij} \leq 1$; 2) $p_{i1} + \dots + p_{ik} = 1$, $i = 1, \dots, k$. Переход от n -го испытания к $(n+2)$ -му описывается матрицей π^2 , от n -го к $(n+m)$ -му — матрицей π^m . Вопросы, изучаемые в теории цепей Маркова, связаны в основном с поведением вероятностей состояний при большом числе испытаний.

В физике аппарат цепей Маркова применяется, в частности, для математического описания *броуновского движения*. В простейшей одномерной модели «броуновская частица» может находиться в одной из трёх точек x_1, x_2, x_3 на прямой линии; под действием случайных толчков частица может изменять своё положение, переходя за промежуток времени Δt из одной точки в другую или оставаясь на месте. Пусть матрица перехода имеет вид

$$\pi = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ p & 0 & q \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad p + q = 1.$$

Здесь i -я строка состоит из вероятностей переходов частицы из точки x_i в точки x_1, x_2, x_3 , причём точка x_1 моделирует отражающую границу «сосуда», точка x_3 — поглощающую границу, а число p означает вероятность

перехода из точки x_2 в точку x_1 . Простой подсчёт показывает, что

$$\pi^{2m} = \begin{pmatrix} p^m & 0 & 1-p^m \\ 0 & p^m & 1-p^m \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \pi^{2m+1} = \begin{pmatrix} 0 & p^m & 1-p^m \\ p^{m+1} & 0 & 1-p^{m+1} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что если $0 < p < 1$, то с течением времени (т.е. при $m \rightarrow \infty$) вероятность нахождения частицы в точках x_1 и x_2 стремится к нулю, а вероятность нахождения в точке x_3 стремится к 1, где бы ни находилась частица в начале процесса.

цепь областей / chain of domains // Kette von Gebieten: см. *цепь* (2).

цефеида / variable star, cepheid // Cepheid f : один из видов *переменных звёзд*. Видимый блеск цефеид меняется периодически с периодом от нескольких десятков минут до нескольких десятков дней.

цикл 1 / cycle // Zyklus m , Kreisprozess m : в физике — один период повторяющегося процесса, например, цикл колебаний маятника, *цикл Карно*.

цикл 2 / loop // Schleife f , Loop f : в *программировании* — часть программы, состоящая из повторяющейся несколько раз команды или серии команд. Пример цикла: выполнить команду A (например, прибавить число 1 к переменной n), затем проверить условие B окончания цикла (например, верно ли, что $n > 100$?), и далее, в зависимости от результата проверки, перейти к командам следующей части программы или вернуться обратно к команде A . На языке *Бейсик* этот цикл можно записать в следующем виде:

1 : $n = n + 1$: if $n > 100$ then goto 2 else goto 1 : 2

См. также *оператор цикла*.

циклическая группа / cyclic group // zyklische Gruppe: *группа*, состоящая из единичного элемента e и степеней некоторого элемента x : $x, x^2, x^3, \dots$. Если существует такое целое число $n > 0$, что $x^n = e$, то циклическая группа называется конечной, а наименьшее целое $m > 0$, при котором $x^m = e$, называется порядком группы. Всякая циклическая группа является *абелевой группой*. Примеры циклических групп: группа *циклических перестановок* из n элементов имеет порядок n ; группа вращений пространства вокруг фиксированной оси на угол $\phi = 2\pi/m$ — порядок m , а на угол $\phi = 1$ *радиан* — бесконечный порядок.

циклическая перестановка, круговая перестановка / cyclic [or: circular] permutation // zyklische Permutation: пусть имеется конечная последовательность различных символов $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$. Операция, результатом которой является последовательность этих же символов, взятая в другом порядке, называется перестановкой (или транспозицией) этих символов. Перестановка называется циклической, если её результат имеет вид $x_2, \dots, x_{n-1}, x_n, x_1$,

т.е. 1-й символ поставлен после последнего символа, а взаимный порядок символов со 2-го по n -й не изменён. Очевидно, после n циклических перестановок получится последовательность, совпадающая с исходной. См. также *смешанное произведение*.

цикл Карно / Carnot cycle // Carnotscher Kreisprozess: обратимый тепловой процесс, в котором рабочее тело (например, цилиндр с газом) обменивается теплотой с двумя тепловыми резервуарами, имеющими фиксированные температуры. В таких условиях обратимый цикл может быть образован только *адиабатами* и *изотермами*, которым соответствуют заданные температуры резервуаров. Последнее требование обусловлено тем, что теплообмен рабочего тела с резервуарами может быть обратимым только тогда, когда температура рабочего тела равна температуре резервуара. Такой цикл был впервые рассмотрен в 1824 году французским учёным Н. Карно как рабочий цикл идеального *теплового двигателя*, совершающего механическую работу за счёт теплоты, подводимой к рабочему телу от резервуара с высокой температурой T_1 (нагревателя). Производимая таким двигателем работа A составляет только часть теплоты Q_1 , полученной от нагревателя с температурой T_1 , так как некоторое количество теплоты Q_2 будет непременно передано более холодному резервуару с температурой $T_2 < T_1$ (холодильнику): $A = Q_1 - Q_2$.

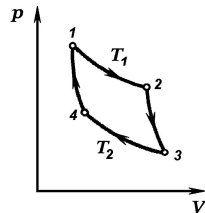


Рис. 197: Цикл Карно

Цикл Карно в силу своей обратимости обеспечивает максимально возможный коэффициент полезного действия (кпд) $\eta = 1 - T_2/T_1$ теплового двигателя при данных температурах горячего и холодного резервуаров, причем этот кпд не зависит от природы используемого рабочего вещества и конструкции идеального двигателя. Исторически цикл Карно сыграл важную роль в развитии *термодинамики* и теплотехники. На основе этого цикла может быть сформулировано *второе начало термодинамики* и вводится *абсолютная шкала температур*.

циклóида / cycloid // Zykloide f : а) линия, которую описывает точка окружности, катящейся без проскальзывания по прямой линии. Параметрические уравнения: $x = a(t - \sin t)$, $y = a(1 - \cos t)$, где a — радиус окружности,

t — угол поворота окружности. Каждая внутренняя точка катящегося круга описывает при этом «сокращённую циклоиду», каждая точка на продолжении радиуса катящегося круга — «удлинённую циклоиду»; обе эти кривые называются трохоидами.

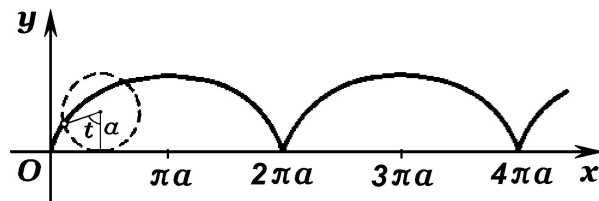


Рис. 198: Циклоида

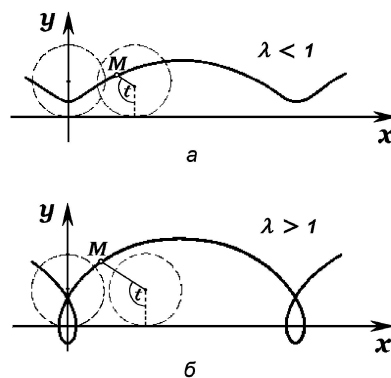


Рис. 199: Трохоиды: а - сокращённая циклоида, б - удлинённая циклоида

б) Общее название для всякой кривой, которую пробегает фиксированная точка окружности, катящейся по заданной гладкой направляющей кривой. Пусть направляющая кривая — неподвижная окружность радиуса A . Если подвижная окружность радиуса a катится снаружи от неподвижной окружности, то точка подвижной окружности описывает «эпициклоиду» (в частности, *кардиоду* при $A = a$), а если внутри — то «гипоциклоиду» (в частности, *астроиду* при $A = 4a$). Вид таких кривых зависит от отношения $m = A/a$ радиусов окружностей: если m — рациональное число, то кривая замкнутая, а если иррациональное число, то кривая — бесконечная незамкнутая.

циклотрѳн / cyclotron // Zyklotron n : циклический резонансный ускоритель тяжѳлых частиц (протонов, ионов), в котором управляющее магнитное поле и частота ускоряющего электрического поля неизменны

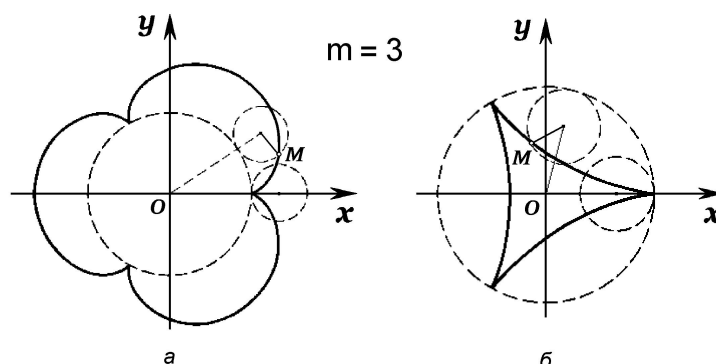


Рис. 200: Трохоиды: а - эпициклоида, б - гипоциклоида

в процессе ускорения. В цилиндрической вакуумной камере, помещённой между полюсами электромагнита, ускоряемые частицы движутся от источника в центре камеры по плоской развёртывающейся спирали, составленной из полуокружностей. Радиус витков увеличивается после каждого прохода частицы через ускоряющий промежуток, расположенный вдоль диаметра вакуумной камеры. В обычном циклотроне частицы могут быть ускорены только до нерелятивистских скоростей. В так называемых изохронных циклотронах возможно ускорение частиц до больших энергий.

циклотро́нный резона́нс / cyclotron resonance // Zyklotronresonanz *f*: явление избирательного поглощения электромагнитных колебаний микроволнового диапазона свободными носителями заряда в полупроводниках и металлах, помещённых в постоянное магнитное поле, на частотах, равных так называемой циклотронной частоте ω_c носителей заряда. В постоянном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$ свободные заряженные частицы движутся по винтовым линиям, оси которых направлены вдоль магнитного поля $\vec{B}$. В проекции на плоскость, перпендикулярную магнитному полю, частицы движутся по окружностям с круговой частотой $\omega_c = eB/(mc)$, где e — заряд частицы, m — её масса, c — скорость света.

Аналогичным образом ведут себя свободные электроны проводимости в металлах и *квазичастицы* (электроны и дырки) в полупроводниках, с той разницей, что для них циклотронная частота определяется *эффективной массой* m^* : $\omega_c = eB/(m^*c)$. Если при этом в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, на частицу одновременно действует переменное электрическое поле $\vec{E}(t)$, то энергия этого поля будет испытывать резонансное поглощение частицами при приближении частоты поля ω к собственной частоте обращения частиц в магнитном поле (к циклотронной частоте ω_c). Механизм передачи энергии электрического поля частицам аналогичен тому, как это происходит

при разгоне частиц в *циклотроне*, с чем и связано название эффекта.

Циклотронный резонанс может наблюдаться лишь при условии, что носители заряда успевают совершить несколько оборотов в магнитном поле, прежде чем испытают столкновение с дефектами кристаллической решетки или *фононами*, т.е. при условии $\omega_c \tau > 1$, где τ — среднее время между столкновениями (время релаксации). Поэтому для наблюдения циклотронного резонанса в полупроводниках необходимы низкие (гелиевые) температуры и электрические поля достаточно высокой частоты ω (при доступных в лабораторных условиях магнитных полях это частоты микроволнового диапазона). Особенности наблюдения циклотронного резонанса в металлах связаны с тем, что из-за *скин-эффекта* высокочастотное электрическое поле проникает в металл на небольшую глубину (глубину скин-слоя), и электроны проводимости могут взаимодействовать с электрическим полем лишь в течение короткого времени захода в скин-слой, когда они движутся по винтовым линиям в магнитном поле, параллельном поверхности проводника.

Наблюдение циклотронного резонанса даёт наиболее прямой метод экспериментального определения эффективных масс носителей заряда в полупроводниках и металлах, а также времён их релаксации при различных механизмах рассеяния.

цилі́ндр / cylinder // Zylinder *m*: в геометрии — тело, ограниченное *цилиндрической поверхностью* и двумя параллельными плоскостями. Частный случай: *прямой круговой цилиндр*.

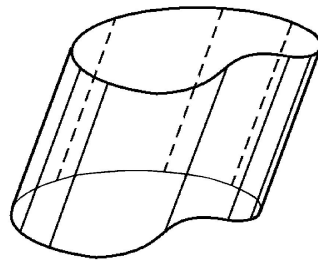


Рис. 201: Цилиндр

цилиндри́ческая пове́рхность / cylindrical surface // Zylinderfläche *f*: поверхность в пространстве, которая возникает в результате непрерывного параллельного перемещения прямой линии, пересекающей какую-либо фиксированную плоскую кривую, плоскость которой не параллельна прямой линии.

Плоская кривая называется направляющей, а движущаяся прямая

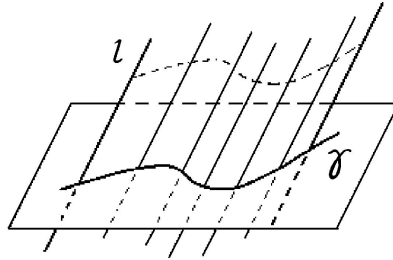


Рис. 202: Цилиндрическая поверхность: γ — направляющая, l — образующая

линия — образующей цилиндрической поверхности. Частный случай: круговая цилиндрическая поверхность, направляющая которой — окружность, а образующая перпендикулярна плоскости, в которой находится окружность.

цилиндрические волны / cylindrical waves // Zylinderwelle f , Kreiszyylinderwelle f : волны, радиально расходящиеся от некоторой оси в пространстве (или сходящиеся к оси). Для цилиндрических волн характерна осевая симметрия, т.е. при повороте вокруг оси на любой угол вся картина волнового движения остаётся неизменной. Аналогичными свойствами обладают круговые волны на плоской поверхности, например, волны на поверхности воды от брошенного камня или колеблющегося поплавка. Продольная стационарная цилиндрическая волна в однородной изотропной упругой среде (газе или жидкости) может порождаться источником в виде бесконечно длинного кругового цилиндра, радиус которого $R(t)$ периодически изменяется, например, по синусоидальному закону с частотой ω и амплитудой A_0 ($A_0 < R_0$): $R(t) = R_0 + A_0 \sin \omega t$. Уравнение порождаемой таким источником монохроматической волны на больших расстояниях от оси имеет вид

$$u(r, t) = A_0 \sqrt{\frac{R_0}{r}} \sin \omega \left(t - \frac{r - R_0}{v} \right),$$

где $u(r, t)$ — смещения частиц среды вдоль направления распространения в момент времени t в точках, находящихся на расстоянии r от оси волны, v — фазовая скорость волны. При отсутствии поглощения амплитуда смещений $A(r) = A_0 \sqrt{R_0/r}$ в цилиндрической или круговой монохроматической волне убывает по мере удаления от оси волны обратно пропорционально корню квадратному из расстояния r , что легко увидеть из закона сохранения энергии.

цилиндрические магнитные домены [сокр: ЦМД], «магнитные пузырьки» / cylindrical magnetic domains, bubbles // Blasen pl , Blasendomänen pl : изолированные однородно намагниченные подвижные области (домены)

ферромагнетика или ферримагнетика, имеющие форму круговых цилиндров. Намагниченность ЦМД противоположна намагниченности остальной части образца. ЦМД получают в тонких монокристаллических пластинах (плёнках). В отсутствие внешнего магнитного поля (поля подмагничивания) доменная структура образца имеет неупорядоченный лабиринтообразный вид, но при наложении поля ленточные домены стягиваются и образуют цилиндрические домены. Диаметр ЦМД примерно равен толщине плёнки. ЦМД наблюдают под микроскопом в поляризованном свете. Тонкие плёнки с ЦМД применяют в вычислительной технике (в запоминающих устройствах) для записи, хранения и считывания информации в двоичной системе счисления. Нули и единицы двоичного кода изображаются соответственно присутствием и отсутствием ЦМД в данном месте плёнки.

цилиндрические координаты / cylindrical coordinates // Zylinderkoordinaten *pl*: для введения цилиндрической системы координат в пространстве следует фиксировать какую-нибудь точку O (начало координат), из точки O выпустить какой-нибудь луч OC («вертикальную» ось) и какой-нибудь луч OA перпендикулярно оси OC , и провести плоскость γ через луч OA перпендикулярно оси OC («горизонтальную» плоскость).

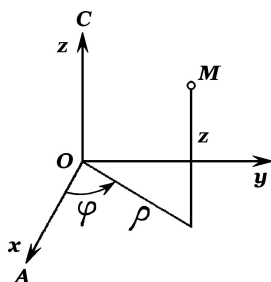


Рис. 203: Цилиндрические координаты

Положение точки M в пространстве задаётся тремя цилиндрическими координатами: ρ — расстояние от точки M до оси OC , ϕ — угол между лучом OA и лучом OM' , где точка M' — проекция точки M на плоскость γ (угол отсчитывается против часовой стрелки, если смотреть из точки C в сторону точки O), и z — расстояние от точки M до плоскости γ . Введём также *декартову систему координат*: начало поместим в точку O , ось Ox направим по лучу OA , ось Oz по лучу OC , ось Oy перпендикулярно осям Ox и Oz (в такую сторону, чтобы получилась *правая система координат* x, y, z), тогда $x = \rho \cos \phi$, $y = \rho \sin \phi$, $z = z$.

цилиндрические функции, бесселевы функции / cylindrical functions, Bessel functions // Zylinderfunktionen *pl*, Bessel Funktionen *pl*: решения

уравнения Бесселя. Следующие решения являются стандартными: *функция Бесселя* $J_p(z)$; *функция Неймана* $N_p(z)$; 1-я и 2-я *функции Ганкеля* $H_p^{(1)}(z)$ и $H_p^{(2)}(z)$. Любые две из этих функций *линейно независимы*.

цилиндрóид / cylindroid // Zylindroid *n*: тело в пространстве, ограниченное *цилиндрической поверхностью*, перпендикулярной к ней плоскостью и ещё какой-нибудь поверхностью, см. *двойной интеграл*.

циркуля́ция / circulation // Zirkulation *f*: в математике: циркуляция *векторного поля* $\vec{A} = (A_x, A_y, A_z)$ по замкнутому контуру γ — *криволинейный интеграл* 2-го рода $\oint_{\gamma} \vec{A} \cdot d\vec{s} = \oint_{\gamma} A_x dx + A_y dy + A_z dz$.

ци́фра / figure, digit // Ziffer *f*: один из символов, употребляемых при записи чисел, см. *система счисления*.

цифровóй / digital // digital: а) в цифровом измерительном приборе значение измеряемой величины (температура, напряжение и т.д.) показывается на табло в виде числа с определённым числом десятичных знаков; б) в цифровых аппаратах (видео и фотокамеры, звукозаписывающая аппаратура) вырабатываемые сигналы преобразуются в дискретную форму: частота и амплитуда сигнала зашифровываются набором цифр (обычно в двоичной системе счисления). В таком виде информация может обрабатываться с помощью компьютера и храниться на носителях информации различных типов. Цифровая техника в настоящее время быстро развивается, вытесняя традиционную аналоговую технику.

цифровóе измерительные приборý / digital instruments // Digitalmessgeräte *pl*: средства измерений, в которых значения измеряемой величины представляются в виде числа на отсчётном устройстве. Цифровые измерительные приборы одновременно выполняют функцию аналого-цифрового преобразователя, преобразуя измеряемую величину в выходной код — совокупность дискретных (импульсных) электрических сигналов, что позволяет регистрировать показания на табло и вводить в компьютер.

цифровóе сигнáлы / digital signals // Digitalsignale *pl*: информация, закодированная в виде последовательности нулей и единиц (в двоичном коде) для передачи по каналам связи в виде электрических или световых импульсов и для дальнейшей обработки.

цуна́ми / tsunami // Tsunami *m*: огромная волна, приходящая иногда к берегу со стороны океана, набегающая на берег и способная причинять большие разрушения. Причина возникновения волн цунами — подводные землетрясения. Зарождаясь в открытом океане (чаще всего в Тихом океане), волна распространяется вдоль поверхности с малой амплитудой (несколько дециметров), но с большой скоростью (до 1000 км/час). По мере приближения к мелководью волна замедляется, при этом её амплитуда быстро возрастает: наблюдаются волны цунами высотой до 30 метров и

более. Существуют службы оповещения о приближении цунами. Математически волны цунами (*солитоны*) описываются нелинейными уравнениями с частными производными, в частности, *уравнением Кортевега–де-Фриса*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ч

час 1) hour // Stunde *f*: отрезок времени, 60 минут: «полёт продолжается два часа» / the flight duration is two hours // der Flug dauert zwei Stunden; 2) o'clock // Uhr *f*: момент времени: «в два часа дня» / at two o'clock p.m. // um zwei Uhr nachmittag, um 14 Uhr.

часовая стрелка / (hour-)hand // Uhrzeiger *m*: стрелка на стрелочных часах, указывающая час. «По часовой стрелке» / clockwise // im Uhrzeigersinn *m*, im Sinne des Uhrzeigers /// «против часовой стрелки» / counterclockwise // gegen den Uhrzeigersinn, im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers.

часовой механизм / clock-work // Uhrwerk *n*: система, совершающая автоколебания; автомат, отмеряющий равные промежутки времени. Механические часы — устройство, в котором периодически колеблющаяся деталь (маятник или балансовое колесо) получает импульсы от внешнего источника энергии для поддержания незатухающих колебаний; система зубчатых колёс передаёт на циферблат значение времени (положением стрелок или цифрами). В электрических кварцевых часах периодические колебания создаются кварцевым генератором.

часовой пояс, часовая зона / time zone // Zeitzone *f*: в соответствии с международным соглашением, для удобства отсчёта времени поверхность земного шара разделена *меридианами* на 24 пояса (зоны), причём ширина поясов составляет 15 градусов по долготе. Внутри каждого пояса действует одно и то же местное («поясное») время, соответствующее времени на среднем меридиане пояса. В соседнем поясе время отличается на один час. В ряде случаев граница между поясами проводится для удобства не в точности по меридиану, а по государственной границе, по руслу рек или границе областей. В нулевом поясе находится *Гринвич*, далее к востоку находятся 1-й, 2-й, 3-й и т.д. часовые пояса. Москва находится в 3-м часовом поясе.

частица / particle // Teilchen *n*: в физике — синоним понятия *материальная точка*; см. также *элементарные частицы*.

частично упорядоченное множество / partially ordered set // halbgeordnete Menge: непустое множество, на котором зафиксирован некоторый

порядок, т.е. некоторым парам элементов сопоставлено отношение порядка, обозначаемое символом $\leq$. Примеры: 1) множество натуральных чисел, где запись $a \leq b$ означает, что число a меньше или равно числу b ; 2) множество натуральных чисел, где $a \leq b$ означает, что число a нацело делит число b ; 3) множество *вещественных* функций на отрезке $[0, 1]$, где $f \leq g$ означает, что $f(t) \leq g(t)$ при всех $t \in [0, 1]$; 4) множество областей на плоскости, где $U \leq V$ означает, что $U \subseteq V$. См. также *упорядоченное множество*.

частная производная / partial derivative // partielle Ableitung: частная производная функции нескольких переменных — это производная по одной из переменных при фиксированном значении других переменных. Для функции двух переменных $f(x, y)$: если существует предел при $\Delta x \rightarrow 0$ отношения $\frac{f(x_0 + \Delta x, y_0) - f(x_0, y_0)}{\Delta x}$, то он называется частной производной 1-го порядка (от) функции $f(x, y)$ по x в точке (x_0, y_0) :

$$\frac{\partial f(x_0, y_0)}{\partial x} = \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x_0, y_0} = f'_x(x_0, y_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x, y_0) - f(x_0, y_0)}{\Delta x}.$$

Частная производная по y вводится аналогично:

$$\frac{\partial f(x_0, y_0)}{\partial y} = \left. \frac{\partial f}{\partial y} \right|_{x_0, y_0} = f'_y(x_0, y_0) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{f(x_0, y_0 + \Delta y) - f(x_0, y_0)}{\Delta y}.$$

В случае функций от большего числа переменных определения аналогичны.

Частные производные второго порядка от функции $f(x, y)$ вводятся как частные производные от частных производных 1-го порядка:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right), \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right), \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right), \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right).$$

Аналогично вводятся частные производные второго порядка для функций от большего числа переменных, а также частные производные более высоких порядков.

Производные $\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}$ и $\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}$ называются смешанными. Достаточные условия для совпадения смешанных производных, вычисленных в том и другом порядке, описывает следующая теорема: Если функция $f(x, y)$, её частные производные 1-го порядка и смешанные производные 2-го порядка непрерывны, то эти смешанные производные равны: $\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x}$.

частная теория относительности: то же, что *специальная теория относительности*.

частное / quotient, fraction // Quotient m : при *делении* числа a на число b : частное — результат деления, т.е. число q такое, что $a = bq$. В

множестве $\mathbf{Z}_+$ целых неотрицательных чисел: при *делении с остатком* целого числа $m \geq 0$ на целое число $n > 0$, частное — это такое целое число $q \geq 0$, что $m = nq + k$, где k — некоторое целое число, $0 \leq k < n$.

частное решéние / particular solution // spezifische Lösung: в математике: в задачах, допускающих множество решений — одно из решений. Пример из теории *дифференциальных уравнений*: уравнение $y' = -y$ имеет *общее решение* $y = Ce^{-x}$, где C — произвольная постоянная; всякому фиксированному значению C_0 постоянной C соответствует частное решение $y = C_0 e^{-x}$.

частный слóчай / special case // Spezialfall m : один конкретный объект из множества возможных объектов: «окружность — частный случай эллипса ($a = b$)» / circle is a special case of ellipse ($a = b$) // der Kreis ist ein Spezialfall der Ellipse ($a = b$).

частотá / frequency // Frequenz f : частота периодического процесса — число *циклов (1)* в единицу времени, обратная величина по отношению к *периоду*. Единица частоты — 1 *герц*, равная частоте f процесса, в котором совершается один цикл в секунду. Круговая частота ω — частота f , умноженная на 2π : $\omega = 2\pi f$.

частóтная модуля́ция / frequency modulation // Frequenzmodulation f : вид *модуляции* колебаний, в котором несущая (высокая) частота изменяется во времени по закону, соответствующему передаваемому сигналу низкой частоты.

частóтная характе́ристика / frequency characteristic, frequency response // Frequenz-Kennlinie f : зависимость некоторого параметра или физической величины от частоты. Примеры: частотная характеристика усилителя — зависимость коэффициента усиления от частоты подаваемого на вход сигнала; частотная характеристика фильтра — зависимость коэффициента пропускания от частоты.

часть 1) часть целого / part // Teil m , Anteil m [доля]: «часть множества называется подмножеством» / a part of the set is called the subset // ein Teil der Menge heißt Untermenge [oder: Teilmenge]. 2) сторона уравнения / side // Seite f : «умножим обе части уравнения на (-1) » / we multiply both sides of the equation by (-1) // wir multiplizieren mit (-1) die beiden Seiten der Gleichung.

часы́ / clock [настенные, настольные], watch [наручные] // Uhr f : прибор для измерения времени. Простейшие часы — солнечные, водяные и песочные — были известны ещё в древности. В 13-м веке появились первые механические часы на башнях и церквях, в 15-м веке — «карманные» часы в форме яйца. *Галилей* применил в часовом механизме маятник; позднее были изобретены механические часы с балансовым колесом. В настоящее время большинство часов — электрические с кварцевым генератором. Кварцевые часы позволили обнаружить неравномерность суточного вращения

Земли. Самые точные на сегодняшний день часы — атомные, в которых для измерения времени используются электромагнитные колебания, соответствующие определённому квантовому переходу в атоме ^{137}Cs (так называемый квантовый стандарт частоты, или цезиевый стандарт).

ча́ша весо́в / pan of a balance // Waagschale *f*: чаша весов — часть весов, на которую кладут взвешиваемый предмет.

Чебышёв Пафнутий Львович (1821–1894) / Chebyshev // Tschebyschew: российский математик, основатель Петербургской математической школы. Фундаментальные исследования во многих областях механики и математики, в особенности, в теории приближения функций, теории чисел и теории вероятностей. С именем Чебышева связаны, в частности, теорема об интегрировании *дифференциального бинома*, теоремы о распределении *простых чисел*, *чебышёвский альтернанс*, *полиномы Чебышёва*, *неравенство Чебышёва*.

чебышёвский альтернанс / Chebyshev alternant // Tschebyscheffsche Alternante: теорема Чебышёва: Полином $P_n(x) = p_0x^n + p_1x^{n-1} + \dots + p_n$ тогда и только тогда является полиномом *наилучшего равномерного приближения* на отрезке $[a, b]$ для непрерывной функции $f(x)$, когда на этом отрезке существуют $n + 2$ точки $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n < x_{n+1} \leq b$, такие, что разность $h(x) = f(x) - P_n(x)$ меняет знак от точки x_k к точке x_{k+1} , причём $h(x_{k+1}) = -h(x_k)$, $k = 0, 1, \dots, n$. Точки $\{x_k\}$ образуют «чебышёвский альтернанс». Теорема Чебышёва используется для приближённого построения полиномов наилучшего равномерного приближения.

чебышёвское приближение / Chebyshev approximation // Tschebyscheff-Approximation: то же, что *наилучшее равномерное приближение*.

чезáровское сре́днее / Cesaro mean value // Cesarosches Mittel: рассмотрим частичные суммы $s_n = \sum_{k=1}^n a_k$ ряда $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ (*), а также средние арифметические этих сумм, $\sigma_n = \frac{1}{n}(s_1 + s_2 + \dots + s_n)$, называемые чезаровскими средними 1-го порядка. Теорема: Если ряд (*) сходится, то чезаровские средние сходятся к сумме ряда (*), т.е. $\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n = \lim_{n \rightarrow \infty} s_n$. На этом свойстве чезаровских средних основан один из *методов суммирования* расходящихся рядов: если ряд расходится (в обычном смысле), а его чезаровские средние сходятся к числу σ , то это число называют суммой ряда в смысле Чезаро (или по Чезаро). Например, ряд $1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \dots$ расходится, а по Чезаро он сходится и его сумма равна $1/2$.

чередова́ние / alternation // Wechsel *m*, Alternation *f*: попеременное появление двух признаков, например, чередование знаков $+$ и $-$ в последовательности $+a_1, -a_2, +a_3, -a_4, +a_5, \dots$

Черенко́в Павел Алексеевич (1904–1990), российский физик, экспериментально

обнаружил оптическое явление — *эффект Черенкова*. Труды по космическим лучам, ускорителям. Нобелевский лауреат (1958), совместно с Игорем Евгеньевичем Таммом (1895–1971) и Ильёй Михайловичем Франком (1908–1990).

черенковское излучение / Cherenkov radiation // Tscherenkow-Strahlung *f*: см. *эффект Черенкова*.

чёрная дыра́ / black hole // schwarzes Loch: космический объект, возникающий в результате сжатия небесного тела гравитационными силами до размеров, меньших его гравитационного радиуса $r_g = 2GM/c^2$, где M — масса тела, G — гравитационная постоянная, c — скорость света. При таких размерах небесного тела скорость освобождения с его поверхности (минимальная начальная скорость, необходимая для удаления в бесконечность) становится равной скорости света. Предсказание о возможности существования чёрных дыр было сделано на основе *общей теории относительности* (ОТО). Согласно ОТО, при приближении размера небесного тела к r_g сила тяготения на его поверхности неограниченно возрастает, в то время как противодействующие сжатию силы упругости остаются конечными. Поэтому при достижении размеров гравитационного радиуса небесное тело должно неудержимо сжиматься — испытывать релятивистский гравитационный коллапс.

В чёрную дыру может превратиться в процессе своей эволюции массивная звезда, в недрах которой исчерпали себя термоядерные источники энергии. Если масса такой звезды превосходит некоторое критическое значение, составляющее несколько солнечных масс, силы внутреннего давления уже не могут противостоять силам гравитации. Основное свойство звезды, испытавшей гравитационный коллапс, состоит в том, что никакие сигналы с её поверхности (свет, частицы) не могут достигнуть внешнего наблюдателя, и внешнее проявление такой звезды ограничивается её гравитационным полем. Предполагается, что сверхмассивные чёрные дыры могут находиться в ядрах галактик и в *квазарах*.

чёрное тело / black body // schwarzer Körper, schwarzer Strahler: см. *абсолютно чёрное тело*.

чёрное излучение / black body radiation // Hohlraumstrahlung *f*, Schwarzkörperstrahlung *f*: тепловое излучение *абсолютно чёрного тела*. Спектральный состав чёрного излучения соответствует равновесному тепловому излучению и описывается *формулой Планка*.

четвёрка / four, set of four // Vier *f*: группа из четырёх объектов, например, четвёрка точек.

четвёртый / fourth // vierter: порядковый номер 4: «четвёртый квадрант» / the fourth quadrant // der vierte Quadrant.

четверть / quarter, one-fourth // Viertel *n*: «без четверти пять» / a

quarter to five // ein Viertel vor fünf /// «четверть шестого» / a quarter past five // ein Viertel nach fünf.

чётная фúнкция / even function // gerade Funktion: функция $f(x)$, обладающая свойством $f(-x) = f(x)$ для всех x из области определения функции. Примеры: $|x|$, x^2 , x^4 , $\cos x$. См. также *нечётная функция*.

чётное числó / even number // gerade Zahl: *целое число* вида $2n$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. См. также *нечётное число*.

чётность / property of being even, evenness // die Eigenschaft, gerade zu sein: свойство функции или числа быть чётным, см. *чётная функция* и *чётное число*.

четы́ре / four // vier: число 4.

четырежды / four times // viermal: четыре раза. При умножении: «четырежды пять — двадцать» / four times five is twenty // vier mal fünf ist zwanzig.

четырёхгрáнник / tetrahedron // Tetraeder n , Vierflach n : *многогранник*, имеющий четыре грани, т.е. треугольная *пирамида*.

четырёхпóлюсник / four-pole network // Vierpol m : электрическая цепь или электротехническое устройство, имеющее два входных и два выходных электрода. Например, усилитель, трансформатор и т.п.

четырёхугóльник / quadrangle // Viereck n : плоская фигура, ограниченная четырьмя прямолинейными отрезками. Частные случаи: *квадрат*, *ромб*, *прямоугольник*, *параллелограмм*, *трапеция*.

чип / chip // Chip m : в электронике и вычислительной технике — миниатюрная интегральная электронная схема для выполнения большого числа операций, содержащая сотни и более элементов (таких как транзисторы, резисторы и конденсаторы) на одном монокристалле кремния.

числа Берну́лли / Bernoulli numbers // Bernoullische Zahlen: коэффициенты B_n в разложении $\frac{z}{e^z-1} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n \frac{z^n}{n!}$, справедливом при $|z| < 2\pi$. Числа Бернулли B_n — *рациональные числа*; $B_0 = 1$, $B_1 = -\frac{1}{2}$, $B_2 = \frac{1}{6}$, $B_{2k+1} = 0$, $B_{4k} < 0$, $B_{4k+2} > 0$ при всех $k = 1, 2, \dots$. При $n \geq 1$ числа Бернулли удовлетворяют рекуррентному соотношению $(n+1)B_n = -B_0 - C_{n+1}^1 B_1 - C_{n+1}^2 B_2 - \dots - C_{n+1}^{n-1} B_{n-1}$, где C_m^j — *биномиальный коэффициент*. Числа Бернулли встречаются в различных формулах, например,

$$x \operatorname{tg} x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n B_{2n} 2^{2n} (1 - 2^{2n}) \frac{x^{2n}}{(2n)!}, \quad |x| < \frac{\pi}{2},$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^{2n}} = \frac{(2\pi)^{2n}}{2(2n)!} |B_{2n}|, \quad \int_0^{\infty} \frac{x^{2n-1} dx}{e^{2\pi x} - 1} = \frac{1}{4n} |B_{2n}|, \quad n = 1, 2, \dots$$

числа Фибона́ччи / Fibonacci numbers // Fibonaccische Zahlen: последовательность натуральных чисел $\{A_n\}$, получаемая из рекуррентного соотношения $A_{n+2} = A_{n+1} + A_n$, $n = 0, 1, 2, \dots$, где $A_0 = A_1 = 1$. Числа Фибоначчи являются также коэффициентами в разложении $\frac{1}{1-z-z^2} = \sum_{n=0}^{\infty} A_n z^n$, справедливом при $|z| < \frac{\sqrt{5}-1}{2}$. Имеет место формула

$$A_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left[\left(\frac{\sqrt{5}+1}{2} \right)^{n+1} + (-1)^n \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^{n+1} \right].$$

Числа Фибоначчи с A_0 по A_{13} были впервые в 1228 году приведены в рукописи Леонарда Пизанского (Fibonacci). Числа Фибоначчи играют важную роль в *теории чисел*.

числа Эйлера, Эйлеровы числа / Euler numbers // Eulersche Zahlen: коэффициенты E_n в разложении $\frac{1}{\operatorname{ch} z} = \sum_{n=0}^{\infty} E_n \frac{z^n}{n!}$, справедливом при $|z| < \pi/2$. При этом $E_0 = 1$, $E_{2k+1} = 0$, E_{4k} — положительные, E_{4k+2} — отрицательные целые числа при всех $k = 0, 1, 2, \dots$. Числа Эйлера E_{2k} удовлетворяют при $k \geq 1$ рекуррентному соотношению $E_{2k} = -E_0 - C_{2k}^2 E_2 - C_{2k}^4 E_4 - \dots - C_{2k}^{2k-2} E_{2k-2}$, где C_m^j — *биномиальный коэффициент*. Иногда числами Эйлера называют числа $|E_{2k}|$.

численное решéние / numerical solution // numerische Lösung: решение задачи, полученное численно, в виде числа или набора чисел. Численное решение находят с помощью *численных методов* и вычислений на компьютере.

численный мéтод / numerical method // numerisches Verfahren: метод, позволяющий решить задачу численно, обычно — приближённо. К численным методам относятся методы *аппроксимации* функций, приближённого вычисления решений уравнений и систем (например, *метод Ньютона*), приближённого вычисления интегралов (например, *метод Симпсона*), приближённого интегрирования дифференциальных уравнений (например, *метод Рунге–Кутты*, *метод сеток*).

числитель / numerator // Zähler m : числитель *дроби* — число a (или выражение), стоящее над чертой дроби: $\frac{a}{b}$.

числительное количественное / cardinal (number) // Grundzahl f , Kardinalzahlwort n : часть речи, указывающая количество предметов: «двадцать три студента» / twenty-three students // dreiundzwanzig Studenten.

числительное порядковое / ordinal (number) // Ordinalzahl f , Ordnungszahlwort n : часть речи, указывающая номер предмета: «я сидел в двадцать третьем ряду на 14-м месте» / I was sitting in the twenty-third row on the 14th seat // ich saß in der dreiundzwanzigsten Reihe auf dem 14. Platz /// «в 1969-м году человек впервые побывал на Луне» / in nineteen

sixty nine a human being visited the Moon for the first time // 1969 [oder: im Jahre neunzehnhundertneunundsechzig] hat der Mensch zum ersten Mal den Mond besucht.

число́ 1) number // Zahl f : основное понятие математики. См. *вещественное число, комплексное число, кватернион*. 2) в различных выражениях: «все элементарные функции, в том числе экспонента, непрерывны» / all elementary functions, including the exponential function are continuous // alle elementare Funktionen, die Exponentialfunktion darunter, sind stetig /// «какое сегодня число?» / what is the date today? // welches Datum haben wir heute? /// «число всех перестановок» / the number of all permutations // die Anzahl aller Permutationen.

число́ Авога́дро / Avogadro number // Avogadrosche Anzahl: число молекул в 1 моле вещества, равное $6,0221367 \cdot 10^{23}$ (см. также *постоянная Авогадро*).

число́вая пряма́я, числовая ось / number line // Zahlengerade f : прямая линия, точкам которой поставлено во взаимно однозначное соответствие множество *вещественных чисел* следующим образом: 1) на прямой выбрана и фиксирована точка O ; одна из полупрямых, на которые точка O делит прямую, называется положительной полуосью, а другая полупрямая — отрицательной полуосью; 2) выбран масштаб, т.е. стандартный отрезок («единичный отрезок»); 3) число 0 сопоставлено точке O ; всякое положительное число a сопоставлено точке M_a положительной полуоси, удалённой от точки O на расстояние a , а всякое отрицательное число b сопоставлено точке M_b отрицательной полуоси, удалённой от точки O на расстояние $(-b)$.

числово́й ряд / numerical series // numerische Reihe: *ряд*, члены которого — постоянные числа, в отличие от *функционального ряда*.

число́ e / number e // Zahl e , Eulersche Zahl: *иррациональное число*, определяемое формулой $e = \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$. Число e — *трансцендентное*;

$e = 2,718281828459045...$ Справедливы равенства: $e = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!}$, $e^{-1} =$

$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{n!}$ Число e используется, в частности, как основание *показательной функции* и *натуральных логарифмов*.

число́ Ма́ха / Mach number // Mach-Zahl f , Machsche Zahl: отношение скорости движения тела в среде к скорости звука в той же среде. См. также *конус Маха*.

число́ π / number π // Zahl π : *иррациональное число*, определяемое как отношение длины L произвольной окружности к её диаметру D : $\pi = \frac{L}{D}$. Число π — *трансцендентное*; $\pi = 3,14159265358979...$ Справедливы

равенства: $\pi = 4 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{2n-1}$, $\pi^4 = 90 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4}$.

число Рейнольдса / Reynolds number // Reynoldssche Zahl: один из критериев подобия для течения вязких жидкостей и газов, характеризующий соотношение между силами внутреннего трения (вязкости) и инерционными силами: $Re = \rho v l / \mu$, где ρ — плотность, μ — коэффициент динамической вязкости жидкости или газа, v — характерная скорость потока, l — характерный линейный размер. При течении в длинных трубах обычно $l = d$, где d — диаметр трубы, v — средняя по поперечному сечению трубы скорость течения; при обтекании тел l — длина или поперечный размер тела, v — скорость невозмущённого потока, набегающего на тело. Для каждого вида течения существует такое критическое значение числа Рейнольдса, ниже которого происходит *ламинарное течение* жидкости или газа, а при больших значениях Re течение может стать турбулентным, см. *турбулентность*. В частности, для течения несжимаемой жидкости в круглой цилиндрической трубе критическое значение числа Рейнольдса около 2300. Названо по имени английского физика О. Рейнольдса (Osborne Reynolds, 1842–1912), выполнившего важные исследования в области течения вязких жидкостей.

число степеней свободы / number of degrees of freedom // Anzahl der Freiheitsgrade: число независимых *координат*, однозначно определяющих положение механической системы. Например, свободная *материальная точка* в пространстве имеет три степени свободы, *абсолютно твёрдое тело* — шесть степеней свободы. Наложение связей, ограничивающих возможные движения системы, приводит к уменьшению числа степеней свободы. Например, материальная точка, которая может перемещаться только по поверхности шара радиуса R , имеет две степени свободы, так как на три координаты x , y и z наложено условие $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$. Для описания движения при наличии связей удобно использовать *обобщённые координаты*, число которых равно числу степеней свободы. Обобщённые координаты вводят так, чтобы наложенные на движение связи учитывались автоматически. В примере с точкой на поверхности шара это могут быть два угла *сферических координат*, или широта и долгота, используемые в географии.

чисто мнимое число / (pure) imaginary number // (rein) imaginäre Zahl: *комплексное число* $z \neq 0$, вещественная часть которого равна нулю: $z = 0 + iy$. Произведение двух чисто мнимых чисел — вещественное число: $ia \cdot ib = -ab$.

член 1 / term, monomial // Glied n , Term m : в математике — отдельное слагаемое в сумме, то же, что *моном*.

член 2 / member // Mitglied n : член какой-нибудь организации (партии,

объединения) — один из принятых в эту организацию участников.

что и требовалось доказать [сокр: ч.т.д.] / which was the thing to be proved, as was to be proved [сокр: Q.E.D.] // was zu beweisen war: в математике — традиционная фраза в конце доказательства теоремы. В настоящее время обычно вместо этой фразы ставят какой-нибудь специальный значок, например, $\diamond$.

чувствительность / sensitivity // Empfindlichkeit f : в физике — свойство измерительного прибора, выражаемое отношением изменения сигнала на выходе прибора (например, перемещения указателя по шкале), к вызвавшему его изменению измеряемой величины.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

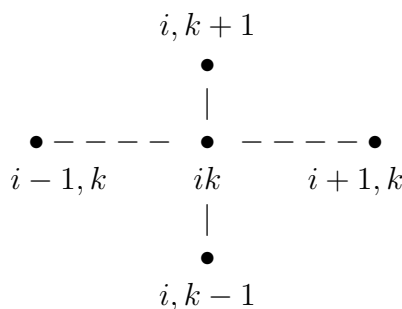
П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ш

шаблон / pattern, model // Schablone f , Molekül n : в *вычислительной математике*: при замене дифференциального уравнения *разностной схемой* — набор узлов сетки, входящих в разностную формулу. Например, если *уравнение Лапласа* $u_{xx} + u_{yy} = 0$ аппроксимировано разностной схемой

$$\frac{u_{i-1,k} - 2u_{ik} + u_{i+1,k}}{h^2} + \frac{u_{i,k-1} - 2u_{ik} + u_{i,k+1}}{g^2} = 0,$$

то шаблон имеет вид



Здесь h — шаг сетки по оси x , g — шаг сетки по оси y , $u_{ik} = u(x_i, y_k)$, $x_i = ih$, $y_k = kg$, $i, k \in Z$.

шаг / step; pitch [шаг винта] // Schritt m : в *вычислительной математике*: 1) при *приближённом интегрировании*: шаг интегрирования — расстояние между соседними узлами *квадратурной формулы*; 2) в *методе итераций*: шаг итераций — вычисление очередного приближения и переход к вычислению следующего приближения; 3) при замене производных разностными

отношениями: шаг сетки, или шаг *разностной схемы* — расстояние между соседними узлами разностной схемы.

В *программировании*: шаг *цикла* (2) — а) однократное выполнение серии команд, из которых состоит цикл, с возвращением к первой команде; б) величина, на которую должен измениться параметр цикла («счётчик») после однократного выполнения серии команд цикла.

шар / ball, solid sphere // Kugel *f*: в геометрии — тело, ограниченное *сферой*. Объём шара радиуса R : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

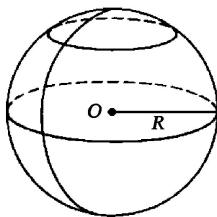


Рис. 204: Шар

В *метрическом пространстве* X шар радиуса R определяется как множество B точек $x \in X$, для которых $\rho(x_0, x) \leq R$, где x_0 — фиксированная точка (центр шара), R — радиус шара. «Земной шар» / terrestrial globe // Erdball *m* /// «воздушный шар» / balloon // Ballon *m*, Luftballon *m*.

шаровая функция, объёмная сферическая функция / solid spherical function // räumliche Kugelfunktion: *сферическая функция* $Y_n(\theta, \phi)$, умноженная на r^n или $r^{-(n+1)}$.

шаровой / spherical // Kugel=: в геометрии: шаровой сегмент (spherical segment // Kugelabschnitt *m*) — часть *шара*, отсекаемая от него плоскостью; шаровой сектор (spherical sector // Kugelausschnitt *m*) — часть шара, вырезаемая из него круговой *конической поверхностью* с вершиной в центре шара; шаровой слой (spherical layer // Kugelschicht *f*) — часть шара, вырезаемая из него двумя параллельными плоскостями.

Шварц (Hermann Amandus Schwarz, 1843–1921): немецкий математик, внесший значительный вклад в теорию функций комплексного переменного (принцип симметрии Шварца, интеграл Кристоффеля–Шварца, лемма Шварца и др.). *Неравенство треугольника* иногда называют неравенством Шварца.

шестёрка / six // Sechs *f*: число 6; группа из шести объектов.

шестигранник / hexahedron // Hexaeder *n*: *многогранник*, имеющий шесть граней.

шестидесятиричный / sexagesimal, to the base 60 // Sexagesimal=: шестидесятиричная система — система счисления по основанию 60. Применялась

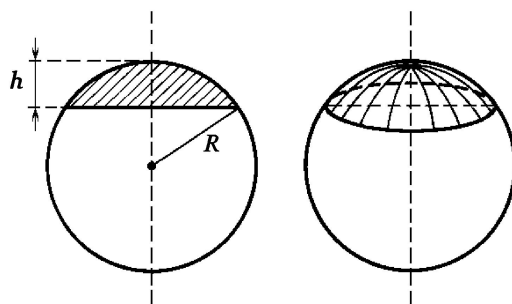


Рис. 205: Шаровой сегмент

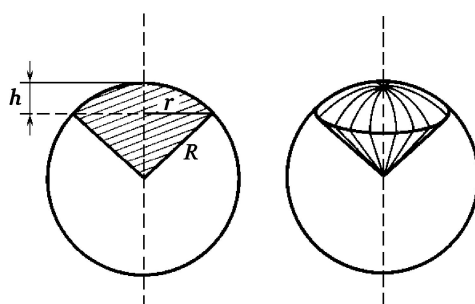


Рис. 206: Шаровой сектор

в древнем Вавилоне; следы её сохранились в бытовой системе измерения времени (час — минута — секунда) и в градусной системе измерения углов (градус — минута — секунда).

шестикратный 1) sixfold // sechsfach: имеющий кратность 6, например, шестикратный *нуль* или *полюс* функции; 2) sextuple // sechsmalig: повторяющийся шесть раз, например, шестикратное выпадение герба при бросании монеты.

шестиугольник / hexagon // Sechseck *n*: *многоугольник*, имеющий шесть углов.

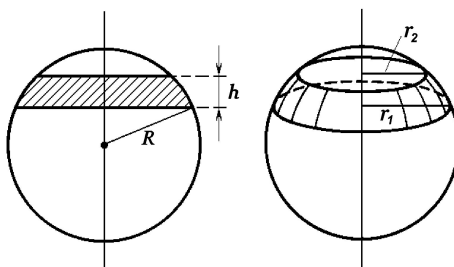


Рис. 207: Шаровой слой

шестнадцатиричный / hexadecimal // hexadezimal: шестнадцатиричная система — *система счисления* по основанию 16. Применяется в информатике. Имеется 16 цифр, причём по начертанию и числовому значению первые десять цифр совпадают с десятичными: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, следующая цифра (соответствующая десятичному числу 10) обозначается буквой А, далее следуют цифры: В (соответствует 11), С (12), D (13), Е (14), F (15). Десятичное число 16 записывается в шестнадцатиричном виде как 10, число 35 — как 23, 44 — как 2С, и т.д.

шестна́дцать / sixteen // sechszehn: число 16.

шесть / six // sechs, Sechs *f*: число 6.

шестьдеся́т / sixty // sechszig: число 60.

шири́на / width // Breite *f*: поперечный размер протяжённого плоского предмета.

шири́на полосы́ частот / bandwidth // Bandbreite *it f*: в радиотехнике — интервал частот, занимаемый модулированным радиосигналом, соответствующим определённой несущей частоте. Например, в случае амплитудной *модуляции* этот интервал простирается в обе стороны от несущей частоты на величину, равную ширине спектра модулирующего сигнала. В случае приёмника или усилителя это интервал частот, в пределах которого соответственно чувствительность или коэффициент усиления не меньше определённой доли своего максимального значения.

шири́на спектральных ли́ний / width of spectral lines // Spektrallinienbreite *f*: интервал частот ν (или длин волн $\lambda = c/\nu$), характеризующий *спектральные линии* оптических спектров атомов, молекул и других квантовых систем. Каждому излучательному *квантовому переходу* между дискретными *уровнями энергии* E_k и E_i соответствует некоторый интервал $\Delta\nu_{ki}$ частот, близких к центральной частоте перехода $\nu_{ki} = (E_k - E_i)/h$ (здесь h — постоянная Планка). В пределах этого интервала частот расположен спектр излучения, испускаемого квантовой системой при переходе с более высокого уровня энергии на более низкий. Значение $\Delta\nu_{ki}$ определяет ширину спектральной линии, т.е. степень немонохроматичности соответствующего ей излучения. Контур спектральной линии, т.е. зависимость интенсивности от частоты $I(\nu)$, обычно имеет максимум на частоте перехода ν_{ki} . За ширину спектральной линии обычно принимают разность частот, на которые приходится уменьшение вдвое интенсивности, соответствующей центру линии — это так называемая полуширина спектральной линии.

Ширина спектральной линии $\Delta\nu_{ki}$ тем больше, чем меньше *времена жизни* τ_k и τ_i квантовой системы на уровнях k и i : $2\pi\Delta\nu_{ki} = 1/\tau_k + 1/\tau_i$. Так называемая радиационная или естественная ширина спектральной линии $(\Delta\nu_{ki})_{\text{рад}}$ равна $(A_k + A_i)/(2\pi)$, где A_k и A_i — полные вероятности *спонтанных переходов* с уровней энергии E_k и E_i на все нижележащие

уровни. Для атомов и молекул естественная ширина мала, и ширина спектральных линий определяется в основном уширением уровней энергии при взаимодействии с окружающими частицами, а также уширением линий вследствие *эффекта Доплера*.

широкополосный / broadband // Breitband=: имеющий широкую полосу, например, широкополосный сигнал, широкополосный фильтр, *широкополосный усилитель*.

широкополосный усилитель / broadband amplifier // Breitband-verstärker *m*: усилитель с большой шириной полосы частот, который приблизительно одинаково усиливает и пропускает на выход все монохроматические составляющие сложного спектра входного сигнала; при этом форма выходного (усиленного) сигнала почти без искажений повторяет форму сигнала, подаваемого на вход широкополосного усилителя.

широтá / latitude // Breite *f*: географическая широта точки на земной поверхности — угловое расстояние (в *градусах*) от экватора до данной точки. Широта равна углу β ($0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$), который образует с плоскостью экватора луч, выходящий из центра Земли и проходящий через данную точку. Экватор имеет нулевую широту. Широта отсчитывается от экватора к северу: от 0° до 90° северной широты (northern latitude // nordliche Breite) и к югу: от 0° до 90° южной широты (southern latitude // südliche Breite).

шифр / cipher, code // Chiffre *f*, Code *m*: система условных обозначений, предназначенная для секретной записи информации.

шкала́ / scale, dial // Skala *f*: шкала физической величины — принятая по соглашению последовательность значений, присваиваемых физической величине по мере её возрастания (или убывания), например, *температурная шкала*, шкала твёрдости материалов; шкала прибора — полоса или линия с нанесёнными делениями, по которой можно отсчитывать показания прибора.

Шрёдингер (Erwin Schrödinger, 1887–1961): австрийский физик-теоретик, Нобелевский лауреат (1933, совместно с *Дираком*), один из создателей *квантовой механики*, см. *уравнение Шрёдингера*. Известны также философские работы Шрёдингера, в частности, «Что такое жизнь? С точки зрения физика».

шриф́т / script, type // Schrift *f*, Druckschrift *f*: гарнитура, один из стандартных типов начертания букв и других символов. «Жирный шрифт» / boldface // Fettdruck *m*: например, **I, R** /// «курсив» / italics // Kursivschrift *f*: например, *I, R* /// «готический шрифт» / German letters, Fraktur *f* // Fraktur *f* [печатный], deutsche Schrift [рукописный]: например, ™, ℝ.

Штарк: см. *эффект Штарка*.

штрафная функция / penalty function // Strafffunktion f : в *вычислительной математике*: метод штрафных функций — метод сведения задач на *условный экстремум* к задачам на безусловный экстремум. Пусть, например, требуется найти минимум функции $\varphi(x)$ при таких x , что $f(x) \geq 0$. Штрафной функцией, или штрафом за нарушение ограничения $f(x) \geq 0$, называется функция $\psi(x, \alpha)$, зависящая от x и от параметра α , причём $\psi(x, \alpha) = 0$ при $f(x) \geq 0$ и $\psi(x, \alpha) > 0$ при $f(x) < 0$. В качестве штрафной функции можно взять $\psi(x, \alpha) = \alpha(\min\{f(x), 0\})^2$. Составляют функцию $M(x, \alpha) = \varphi(x) + \psi(x, \alpha)$ и ищут точку $x(\alpha)$ её (безусловного) минимума. При некоторых предположениях о функциях $f(x)$ и $\varphi(x)$ имеет место сходимость $x(\alpha) \rightarrow x$ при $\alpha \rightarrow +\infty$. Метод обобщается на случай функций нескольких переменных, при количестве условий $m \geq 1$.

штрих 1) prime, accent // Strich m : в математике: значок ', поставленный выше и правее знака функции ($y'(x)$), применяется для обозначения производной; 2) dash // Strich m : а) штрихи на рисунке — небольшие отрезки прямой линии, наносимые обычно вручную; б) чёрточки, отдельные элементы *штриховой линии*.

шум / noise // Lärm m [сильный шум], Rauschen n [шорох, журчание]: в теории связи и в теории *информации* — хаотическое напряжение или *случайный процесс*, создающий помехи при передаче сигнала или информации по *каналу связи*. Белый шум / white noise, uniform random noise // weißes Rauschen — шум с практически равномерной спектральной плотностью в широкой полосе частот.

шунт / shunt // Shunt m , Nebenschluss-Widerstand m : в электротехнике: сопротивление, подключённое параллельно рассматриваемому участку цепи, в частности, параллельно амперметру (для изменения цены деления шкалы).

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Щ

щель 1) slit // Spalt m : щель оптического или спектрального прибора — входящее в состав *коллиматора* протяжённое отверстие с прямолинейными параллельными краями (обычно регулируемой ширины) для последующего формирования параллельного пучка света; 2) gap // Lücke m : промежуток в сплошном спектре. «Энергетическая щель» / energy gap // Energielücke f .

щит / board, shield // Schild *m*: защитное приспособление. «Распределительный щит» / switchboard, distribution board // Schaltbrett *n*.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Э

ЭВМ / computer // Computer *m*: сокращение от «электронная вычислительная машина». В настоящее время общепринят термин *компьютер*.

эвольвэнта, инволюта / evolvent, involute // Evolvente *f*: а) эвольвента, или развёртка, окружности (evolvent of a circle // Evolvente eines Kreises) — плоская кривая λ , которую описывает концевая точка M намотанной на окружность γ нерастяжимой нити, если эту нить разматывать, сохраняя в натянутом состоянии.

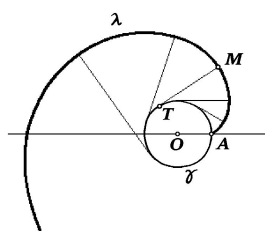


Рис. 208: Эвольвента окружности

Для эвольвенты λ окружность γ называется её *эволютой*. Произвольно задавая на окружности начальную точку A эвольвенты, получаем семейство эвольвент.

Всякой эвольвенте λ с начальной точкой A соответствует эвольвента λ' , симметричная λ относительно прямой AO , проходящей через точку A и центр окружности O .

б) В общем случае эвольвентой плоской кривой γ называется такая кривая λ , для которой γ является *эволютой*. Если $\vec{r} = \vec{r}(s)$ — уравнение кривой γ , где $\vec{r}$ — *радиус-вектор*, s — длина дуги на γ , то уравнение эвольвенты: $\vec{r} = \vec{r}(s) + (c - s)\vec{t}$, где c — произвольная постоянная, $\vec{t}$ — *единичный касательный вектор* к кривой γ .

эволюта / evolute // Evolute *f*: эволюта плоской кривой λ — множество γ *центров кривизны* кривой λ . Если $\vec{r} = \vec{r}(s)$ — уравнение кривой λ , где $\vec{r}$ — *радиус-вектор*, s — длина дуги на λ , то уравнение эволюты:

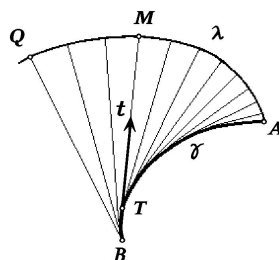


Рис. 209: Эвольвента λ плоской кривой γ

$\vec{r} = \vec{r}(s) + \frac{1}{k} \vec{\nu}$, где $k(s)$ — кривизна, $\vec{\nu}$ — единичная нормаль кривой λ . Кривая λ является эвольвентой кривой γ .

эволюционное уравнение / evolution equation // Evolutionsgleichung f , Entwicklungsgleichung f : дифференциальное уравнение с частными производными, содержащее независимую переменную типа времени, например, волновое уравнение. Эволюционные уравнения описывают процессы, развивающиеся во времени. См. также уравнение стационарное.

эдс, ЭДС: см. электродвижущая сила.

эйкона́л / eikonal // Eikonal n : 1) в геометрической оптике — функция, определяющая оптическую длину пути луча света между двумя произвольными точками, одна из которых A принадлежит пространству предметов, другая A' — пространству изображений. Применение эйконала при расчетах оптических систем даёт возможность получить выражения для некоторых основных *аббераций* оптических систем. 2) функция, удовлетворяющая уравнению эйконала.

Эйлер (Leonhard Euler, 1707–1783): один из крупнейших математиков, физиков и астрономов 18-го века. Родился в Швейцарии (г. Базель), с 1727 по 1741 и с 1766 по 1783 годы жил и работал в России (С.-Петербург). Внёс большой вклад во многие области математики и механики, в том числе в теорию функций комплексного переменного, теорию дифференциальных уравнений, геометрию, теорию чисел, небесную механику. В математике с именем Эйлера связаны: *уравнение Эйлера* в вариационном исчислении, *формулы Эйлера* для комплексной экспоненты, *эйлеровы углы*, *теорема Эйлера* о многогранниках, *метод Эйлера* в приближённых вычислениях, *эйлеровы интегралы* 1-го и 2-го рода, метод суммирования Эйлера, полиномы Эйлера, *числа Эйлера*, *постоянная Эйлера*, *подстановки Эйлера* и др.

эйлеровы углы, углы Эйлера / Euler angles // Eulersche Winkel: введённые Эйлером углы α, β, γ , описывающие взаимное расположение в пространстве двух прямоугольных *декартовых систем координат* $Ox_1y_1z_1$ и $Ox_2y_2z_2$.

и $Ox'y'z'$, имеющих общее начало O .

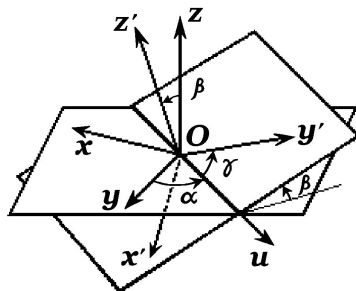


Рис. 210: Эйлеровы углы

Вводится вспомогательная ось Ou как линия пересечения координатных плоскостей Oxy и $Ox'y'$; угол α определяется как угол между осями Oy и Ou ; угол β — угол между осями Oz и Oz' ; угол γ — угол между осями Ou и Oy' . Эйлеровы углы используются в механике при описании движения твёрдых тел в пространстве.

Эйнштейн (Albert Einstein, 1879–1955): выдающийся физик-теоретик, один из создателей современной физики. Нобелевский лауреат (1921). До 1933 г. жил и работал в Германии, затем в США. Автор специальной и общей *теории относительности* — физической теории пространства, времени и тяготения, установившей связь между свойствами пространства-времени и материи. Значителен вклад Эйнштейна в создание и интерпретацию квантовой теории, представлений о квантовой структуре излучения. Эйнштейну принадлежит теоретическое объяснение законов *фотоэффекта*, теплоёмкости твёрдых тел. Предсказал явление индуцированного излучения, используемого в *лазерах* для получения когерентного света. В статистической физике развил молекулярно-кинетическую теорию *броуновского движения*, создал квантовую статистику частиц с целым спином (*статистика Бозе–Эйнштейна*). Последние годы жизни работал над проблемами космологии и единой теории поля.

экватор / equator // Äquator *m*: 1) географический экватор: окружность, образованная пересечением поверхности земного шара плоскостью, проходящей через центр шара перпендикулярно земной оси, т.е. прямой, проходящей через северный и южный полюсы. Экваториальная плоскость делит земной шар на Северное и Южное полушария. Отсчёт *широты* производят на юг и на север от экватора, имеющего нулевую широту. Экватор — самая большая из *параллелей*, его протяжённость равна 40 075 704 м. 2) небесный

экватор (celestial equator // Himmelsäquator m): окружность на *небесной сфере*, образованная её пересечением с плоскостью земного экватора.

эквивалентность / equivalence // Äquivalenz f : а) то же, что *равносильность*; б) в теории множеств — бинарное отношение $R \subseteq X \times X$ на множестве X , удовлетворяющее условиям: xRx (рефлексивность), $xRy \Rightarrow yRx$ (симметричность), $xRy \wedge yRz \Rightarrow xRz$ (транзитивность). Примеры: параллельность прямых, *конгруэнтность* фигур, равенство чисел, равенство *мощности* множеств. Для произвольного $y \in X$ подмножество $U_y \subseteq X$, состоящее из всех x , эквивалентных y , называется классом эквивалентности y . Любые два класса эквивалентности либо не пересекаются, либо совпадают, т.е. всякая эквивалентность разбивает множество на попарно не пересекающиеся классы эквивалентности. Класс эквивалентности вполне определяется любым из его элементов. Совокупность всех классов эквивалентности называется фактор-множеством множества X по отношению эквивалентности R .

эквивалентность массы и энергии / mass-energy equivalence // Masse-Energie-Äquivalenz f : согласно *теории относительности*, энергия E_0 любого тела в системе отсчета, где это тело покоится, пропорциональна *массе покоя* m_0 тела: $E_0 = m_0 c^2$ (c — скорость света). Если тело, оставаясь в покое, изменяет своё состояние, получая или отдавая энергию ΔE в виде излучения, то его масса покоя изменяется на пропорциональную величину $\Delta m_0 c^2$. При аннигиляции электрона и позитрона масса покоя уменьшается на величину $2m_e$, а образующиеся при этом гамма-кванты уносят энергию $2m_e c^2$.

По своим проявлениям масса и энергия представляют собой характеристики различных свойств материи, но количественные меры этих свойств оказываются неразрывно связанными друг с другом и строго пропорциональными. Такое положение вещей в физике характеризуют термином эквивалентность; поэтому можно говорить об эквивалентности массы и энергии, которая выражается соотношением Эйнштейна $E_0 = m_0 c^2$. Это соотношение позволяет предсказывать выделение энергии в *ядерных реакциях* (в виде излучения и кинетической энергии образующихся частиц) по известным значениям масс покоя участвующих в них частиц и продуктов реакции.

эквипотенциальные поверхности / equipotential surfaces // Äquipotentialflächen: в *электростатике*: поверхности в пространстве, во всех точках которых *потенциал* имеет одно и то же значение. *Силовые линии* электрического поля (линии напряжённости) перпендикулярны к эквипотенциальным поверхностям. В поле положительного точечного заряда силовые линии радиально расходятся от заряда, а эквипотенциальные поверхности имеют форму сфер с центром в точке, где расположен заряд.

экзотермическая реакция / exothermic reaction // exothermische

Reaktion: химическая реакция, в процессе которой выделяется тепло (например, горение).

экли́птика / ecliptic // Ekliptik *f*: дуга большого круга, получающаяся при пересечении плоскости земной орбиты и *небесной сферы*. Угол между плоскостью земного экватора и плоскостью эклиптики составляет $23^{\circ}27'$; точки пересечения эклиптики и плоскости земного экватора называются точками весеннего и осеннего равноденствия.

экра́н 1) screen // Bildschirm *m*: экран компьютера или телевизора; 2) screen // Leinwand *f*: экран кино; 3) shield // Schirm *m*, Abschirmung *f*: ограждение; защитный экран.

экра́нировать / shield, screen // abschirmen: в электрорадиотехнике — окружать данное устройство *экраном* (3) (для защиты от помех).

эксито́н / exciton // Exciton *n*, Exziton *n*: *квазичастица*, соответствующая электронному возбуждению полупроводника или диэлектрика, мигрирующему по кристаллу, но не переносящему при этом электрического заряда и массы. Представление об экситоне введено в 1931 г. Яковом Ильичем Френкелем (1891–1952). В молекулярных кристаллах, где взаимодействие между молекулами значительно слабее, чем взаимодействия между атомами и электронами внутри молекулы, экситон представляет собой электронное возбуждение отдельной молекулы (экситон малого радиуса или экситон Френкеля), которое вследствие межмолекулярного взаимодействия не остаётся локализованным на одной молекуле, а распространяется по кристаллу в виде волны. В кристаллах полупроводников возможно существование экситона большого радиуса (экситона Ваннье–Мотта), который представляет собой водородоподобное квантовое состояние электрона проводимости и дырки в валентной зоне, связанных кулоновским взаимодействием. Размер такого экситона во много раз больше межатомных расстояний, а энергия связи электрона и дырки много меньше ширины запрещенной зоны. Время жизни экситона невелико: электрон и дырка рекомбинируют с излучением фотона (в инфракрасной области спектра), или экситон погибает безызлучательно, например, в результате столкновения с дефектом решётки.

эксперимéнт / experiment // Experiment *n*, Versuch *m*: в физике — опыт, специально поставленный для изучения какого-либо явления или проверки теоретических представлений.

экспериментáльные да́нные / experimental data // Versuchsdaten *pl*: данные, полученные из эксперимента.

экспози́ция / exposure // Exponierung *f*, Exposition *f*: количество освещения, поверхностная плотность световой энергии, т.е. отношение световой энергии, падающей на элемент поверхности, к площади этого элемента. Иначе световую экспозицию можно определить как произведение

освещённости поверхности на длительность освещения. Понятие экспозиции удобно применять тогда, когда результат воздействия излучения накапливается во времени, например, в фотографии.

экспонента / exponential function to the base e , exponential, exp // Exponentialfunktion im engeren Sinne, e -Funktion f , exp: функция $\exp(x) = e^x$, где e — основание натуральных *логарифмов* (*число e*). При вещественных x функция e^x — монотонно возрастающая. При комплексных z функцию e^z можно понимать как сумму абсолютно сходящегося степенного ряда $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$. Если $z = x + iy$, то $e^z = e^x(\cos y + i \sin y)$, см. *формулы Эйлера*.

Примечание: иногда экспонентой называют функцию a^x при произвольном основании $a > 0$, $a \neq 1$.

экспоненциальный / exponential // Exponential=: изменяющийся по *экспоненте*.

экстенсивные величины / extensive variables // extensive Größen: в термодинамике — параметры (объём, внутренняя энергия, *энтропия*, *энтальпия* и др.), значения которых пропорциональны массе термодинамической системы или количеству вещества в ней, т.е. значение экстенсивной величины для системы равно сумме значений этой величины для макроскопических частей системы.

экстраполировать / extrapolate // extrapolieren: в математике: *интерполировать* функцию за пределами минимального отрезка, содержащего все узлы *таблицы*. В широком смысле — распространять какие-либо утверждения, первоначально установленные для некоторого круга явлений, на более широкий круг явлений.

экстраполяция / extrapolation // Extrapolation f : в математике: *интерполяция* функции за пределами минимального отрезка, содержащего все узлы *таблицы*.

экстремаль / extremal // Extremale f : в *вариационном исчислении*: всякое решение дифференциального *уравнения Эйлера* называется экстремалью рассматриваемого функционала.

экстремальная задача / extremal problem // extremales Problem: в *вариационном исчислении*: задача о нахождении наибольшего или наименьшего значения функционала.

экстремальный / extremal // extrem: наибольший или наименьший.

экстремум / extremum // Extremum n : значение функции, являющееся её *максимумом* или *минимумом*. Термин «экстремум» употребляется также в *вариационном исчислении* при изучении наибольших и наименьших значений функционалов.

эксцентриситет / eccentricity // Exzentrizität f : см. *эллипс* и *гипербола*.

эластичность: то же, что *упругость*.

электреты / electrets // Elektrete *pl*: *диэлектрики*, длительно сохраняющие поляризованное состояние после снятия внешнего воздействия, вызвавшего поляризацию, и создающие благодаря этому электрическое поле в окружающем пространстве. В этом отношении электреты можно рассматривать как электрические аналоги постоянных магнитов. Если вещество, молекулы которого обладают постоянным дипольным моментом, расплавить и поместить в сильное электрическое поле, то вследствие частичного выстраивания молекул по полю вещество окажется поляризованным. При охлаждении расплава в электрическом поле поворот молекул в затвердевшем веществе оказывается затруднённым, и после выключения поля они длительное время сохраняют преимущественную ориентацию. Электреты применяют как источники постоянного электрического поля в разнообразных физических приборах и технических устройствах.

электрическая дуга, дуговой разряд / electric arc // Lichtbogen *m*: самостоятельный квазистационарный электрический разряд в газе, горящий практически при любых давлениях газа, превышающих 10^{-2} – 10^{-4} мм рт. ст. Впервые электрическая дуга между двумя угольными электродами в воздухе была получена в 1802 г. Василием Владимировичем Петровым (1761–1834). Известно множество разновидностей электрической дуги, каждая из которых существует при определённых условиях. Почти у всех видов дуги ток на катоде стянут в малое очень яркое пятно, температура в котором достигает высоких значений, что вызывает интенсивную термоэлектронную эмиссию. Нагретый до высокой температуры и сильно ионизованный газ в дуговом разряде находится в состоянии плазмы. Электрическая дуга применяется в спектральном анализе и в других физических исследованиях как лабораторный эталонный источник света, а также в технике в дуговых лампах, в дуговых печах для выплавки металлов, как сварочная дуга при электросварке.

электрическая ёмкость / capacitance [свойство], capacitor [конденсатор] // elektrische Kapazität: характеристика проводника, количественная мера его способности накапливать и удерживать электрический заряд. В состоянии равновесия (при отсутствии тока) все точки проводника имеют одинаковый *потенциал*. Потенциал φ уединённого проводника пропорционален находящемуся на его поверхности полному заряду q , т.е. отношение q/φ не зависит от q . Это позволяет ввести понятие электрической ёмкости C уединённого проводника как характеристики самого проводника, не зависящей от его заряда: $C = q/\varphi$. Чем больше ёмкость, тем больший заряд должен находиться на проводнике при данном значении потенциала φ . Электрическая ёмкость проводника зависит от его размеров и формы, а также от свойств окружающей среды (от её *диэлектрической проницаемости*), но не зависит от материала проводника (от его *сопротивления*).

Понятие электрической ёмкости относится также к системе проводников, в частности системе двух проводников, разделённых тонким слоем диэлектрика. Такая система называется электрическим *конденсатором*. Электрической ёмкостью конденсатора (взаимной ёмкостью его обкладок) называют отношение заряда q одной из его обкладок (заряды обкладок равны по величине) к разности потенциалов между обкладками: $C = q/(\varphi_1 - \varphi_2)$. Электрическая ёмкость конденсатора практически не зависит от наличия окружающих тел и может достигать больших значений при малых геометрических размерах конденсаторов благодаря малому зазору между обкладками.

электрическая индукция, электрическое смещение / electric displacement, electric flux density, electric induction // elektrische Verschiebung, elektrische Flussdichte: векторная величина $\vec{D}$, характеризующая *электрическое поле* и равная сумме двух векторов: напряжённости электрического поля $\vec{E}$ — главной характеристики поля, и *поляризации* $\vec{P}$ среды, равной суммарному дипольному моменту единицы объёма вещества:

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P} \quad (\text{СГС}), \quad \vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P} \quad (\text{СИ}), \quad (8)$$

где ε_0 — *электрическая постоянная* (диэлектрическая проницаемость вакуума).

Вектор $\vec{P}$ характеризует электрическое состояние вещества, находящегося в поле $\vec{E}$. В изотропных веществах, не обладающих сегнетоэлектрическими свойствами, при сравнительно слабых полях вектор поляризации пропорционален напряжённости поля: $\vec{P} = \kappa\vec{E}$ (СГС), $\vec{P} = \varepsilon_0\kappa\vec{E}$ (СИ), где κ — безразмерный коэффициент пропорциональности, называемый диэлектрической восприимчивостью вещества. Подставляя эти выражения в (1), получаем для электрической индукции $\vec{D}$:

$$\vec{D} = (1 + 4\pi\kappa)\vec{E} = \varepsilon\vec{E} \quad (\text{СГС}), \quad \vec{D} = (1 + \kappa)\vec{E} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E} \quad (\text{СИ}), \quad (9)$$

где введена величина $\varepsilon = 1 + 4\pi\kappa$ (СГС), $\varepsilon = 1 + \kappa$ (СИ), называемая диэлектрической проницаемостью вещества. Смысл введения вектора $\vec{D}$ заключается в том, что его поток через любую замкнутую поверхность определяется только суммарной величиной свободных электрических зарядов, находящихся внутри объёма, окружённого данной поверхностью (теорема Гаусса). Это обстоятельство облегчает решение многих задач, так как позволяет не вводить в рассмотрение связанные (поляризационные) заряды.

электрическая постоянная, диэлектрическая проницаемость вакуума / electric constant, permittivity of free space // elektrische Konstante, elektrische Feldkonstante: физическая постоянная, входящая в уравнения законов электрического поля при записи этих законов в международной *системе*

единиц СИ. Обозначается ε_0 . Численное значение электрической постоянной $\varepsilon_0 = 10^7/(4\pi c^2)$ Ф/м = $8,854\,187\,82 \cdot 10^{-12}$ Ф/м (c — скорость света в вакууме). Электрическая постоянная ε_0 связана с магнитной постоянной μ_0 и скоростью света в вакууме c соотношением $\varepsilon_0\mu_0 = c^{-2}$.

электрическая цепь / electrical circuit // Stromkreis *m*: совокупность проводящих тел и сред, представляющая собой путь для электрического тока (направленного движения зарядов). Простейшая электрическая цепь состоит из источника тока, приёмника электрической энергии и соединительных проводов. По отношению к источнику приёмник и провода образуют внешнюю цепь. Электрическая цепь называется разветвлённой, если для тока между какими-либо двумя её точками имеется несколько путей (ветвей). Цепи называются линейными, если напряжение между любыми двумя точками цепи связано с током линейным соотношением.

Расчёт тока в неразветвлённой линейной электрической цепи постоянного или переменного тока производится по *закону Ома*. В разветвлённой цепи расчёт токов может быть сделан с помощью *правил Кирхгофа*.

электрический диполь / electric dipole // elektrischer Dipol: совокупность двух равных по абсолютной величине разноимённых точечных зарядов $+q$ и $-q$, находящихся на некотором расстоянии l один от другого. Основная характеристика электрического диполя — его дипольный момент $\vec{p}$, т.е. вектор, модуль которого равен произведению $+q$ на l : $p = ql$, а направление выбирается от отрицательного заряда $-q$ к положительному $+q$. Вдали от диполя напряжённость создаваемого им электрического поля пропорциональна $p = ql$ и убывает с увеличением расстояния r как $1/r^3$, т.е. быстрее, чем напряжённость поля точечного заряда ($1/r^2$).

Действие внешнего электрического поля на помещённый в него диполь также пропорционально p . В однородном электрическом поле $\vec{E}$ на диполь действует вращающий момент $\vec{N} = \vec{p} \times \vec{E}$, стремящийся повернуть диполь так, чтобы его дипольный момент $\vec{p}$ был направлен по полю $\vec{E}$. В неоднородном электрическом поле, кроме вращающего момента, на диполь действует также сила, стремящаяся втянуть ориентированный по полю диполь в область более сильного поля.

электрический заряд / electric charge // elektrische Ladung: источник электромагнитного поля, связанный с материальным носителем; внутренняя характеристика *элементарной частицы*, определяющая её способность к электромагнитным *взаимодействиям*. Вся совокупность электрических и магнитных явлений представляет собой проявления существования, движения и взаимодействия электрических зарядов.

В природе существует две разновидности электрических зарядов, условно называемые положительными и отрицательными зарядами. Одноимённо заряженные частицы (тела) отталкиваются; разноимённо заряженные —

притягиваются. Электрический заряд дискретен: существует минимальный (элементарный) электрический заряд $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл, которому кратны электрические заряды любых частиц и тел. Заряд протона и позитрона равен элементарному заряду e , заряд электрона равен $-e$. Полный электрический заряд физической системы равен алгебраической сумме зарядов всех элементарных частиц, входящих в состав системы; этот полный заряд строго сохраняется при любых взаимодействиях и превращениях частиц системы. Единица СИ электрического заряда — *кулон* (Кл).

Сила электрического взаимодействия между покоящимися заряженными частицами подчиняется *закону Кулона*. Связь электрического заряда с электромагнитным полем определяется *уравнениями Максвелла*.

электрический разряд / electric discharge // elektrische Entladung: прохождение электрического тока через газовую среду, сопровождающееся изменением состояния газа. Многообразие условий, определяющих исходное состояние газа (состав, давление и т.п.), материалов и форм электродов приводит к тому, что существует множество видов электрического разряда, причём их законы значительно сложнее, чем законы прохождения электрического тока в металлах и электролитах.

Газы проводят электрический ток только в ионизированном состоянии. Если ионизация создаётся и поддерживается внешним источником, разряд называют несамостоятельным. Когда разряд продолжается и после прекращения действия внешнего ионизатора, его называют самостоятельным.

электрический ток / electric current // elektrischer Strom: упорядоченное, направленное движение электрических зарядов — заряженных частиц или макроскопических тел. За направление тока условно принимают направление движения положительно заряженных частиц; если ток создаётся отрицательно заряженными частицами, например электронами, то направление тока считают противоположным направлению движения частиц. Различают электрический ток проводимости, создаваемый движением частиц (электронов или ионов) в той или иной среде, и конвекционный ток, создаваемый движущимися заряженными макроскопическими телами, например заряженными каплями дождя.

Действия, производимые током в проводниках — нагревание (выделение джоулевой теплоты), изменение химического состава (*электролиз*), создание магнитного поля. Магнитное действие тока проявляется у всех без исключения проводников; в сверхпроводниках не происходит выделения теплоты, а химическое действие характерно для электролитов, но не наблюдается в металлах. Количественно электрический ток характеризуется силой тока I , т.е. полным зарядом, пересекающим поперечное сечение проводника за единицу времени, и векторной величиной $\vec{j}$, называемой плотностью

тока. Направление вектора $\vec{j}$ совпадает с направлением вектора $\langle \vec{v} \rangle$ средней скорости движения носителей тока, а его величина равна заряду, переносимому за единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную вектору $\langle \vec{v} \rangle$. При равномерном распределении плотности тока по поперечному сечению проводника $I = jS = qn\langle v \rangle S$, где q — заряд носителя тока, n — их концентрация (число носителей в единице объёма), S — площадь поперечного сечения проводника. В общем случае электрический ток I через какую-либо поверхность S равен *поверхностному интегралу* от вектора плотности тока $\vec{j}$: $I = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$. Сила электрического тока измеряется в *амперах*.

Для существования электрического тока необходимо наличие свободных заряженных частиц (носителей заряда) и силы, поддерживающей их упорядоченное движение. Во внешней цепи, т.е. за пределами источника тока, такой силой обычно является сила, действующая на носители со стороны электрического поля внутри проводника. Это поле зависит от *электрического напряжения* (разности потенциалов) на концах проводника. В однородных проводниках такое поле, вызывающее направленное движение носителей, создаётся поверхностными зарядами, т.е. поступающими из источника тока дополнительными зарядами, распределёнными по поверхности проводника с током таким образом, чтобы силовые линии поля всюду внутри проводника следовали за его изгибами. Внутри источника тока движение зарядов обеспечивается так называемыми сторонними силами, природа которых зависит от характера источника. Например, в типичных генераторах тока (динамомашинах) роль сторонней силы выполняет *сила Лоренца*, действующая на находящийся в проводнике заряд, когда проводник движется во внешнем магнитном поле.

Важнейшая характеристика проводника — это зависимость силы тока от приложенного напряжения, называемая вольт-амперной характеристикой проводника. Для металлических проводников и электролитов эта зависимость представляет собой простую пропорциональность, описываемую *законом Ома*. Соответствующий коэффициент пропорциональности называется *электропроводностью* (проводимостью), а обратная ему величина — *электрическим сопротивлением*.

электрическое напряжение / voltage // Spannung f : напряжение между двумя точками электрической цепи или *электрического поля* равно работе силы электрического поля, действующей на единичный положительный заряд, при его перемещении между этими точками. В потенциальном электростатическом поле эта работа не зависит от пути, по которому перемещается заряд, и напряжение равно разности потенциалов между рассматриваемыми точками. Единица напряжения в системе СИ — *вольт*.

Напряжение, создаваемое источником постоянного тока, измеряется работой *электрического тока* при перемещении единичного заряда вдоль пути, лежащего вне источника; в этом случае напряжение U равно разности потенциалов между полюсами источника и определяется законом Ома: $U = \mathcal{E} - IR_i = IR$, где I сила тока, R_i — внутреннее сопротивление источника, R — сопротивление внешней цепи, $\mathcal{E}$ — *электродвижущая сила* (эдс) источника. При разомкнутой цепи ($I = 0$) напряжение равно эдс источника: $U = \mathcal{E}$. Поэтому можно сказать, что эдс источника — это электрическое напряжение между его полюсами при разомкнутой цепи. В случае переменного тока под напряжением обычно понимают его действующее (или эффективное) значение, т.е. среднеквадратичное значение за период. Для синусоидального напряжения амплитудное (пиковое) значение в $\sqrt{2} = 1,41$ раз больше действующего значения.

электрическое поле / electric field // elektrisches Feld: одна из двух (наряду с *магнитным полем*) составляющих электромагнитного поля. Электрическое поле определяет ту составляющую силы, действующей на пробный заряд со стороны *электромагнитного поля*, которая не зависит от скорости пробного заряда. В простейших случаях источниками электрического поля служат *заряды*. Неподвижный заряд создаёт в окружающем пространстве электростатическое поле, которое проявляет себя, действуя с некоторой силой на другие заряды, и наоборот. Таким образом, концепция электрического поля позволяет описать взаимодействие зарядов как близкое действие и отказаться от представления о действии на расстоянии, т.е. от концепции дальнего действия.

Основная количественная характеристика электрического поля — *напряжённость* $\vec{E}$, которая в данной точке пространства определяется как отношение силы $\vec{F}$, действующей на пробный заряд q , помещённый в эту точку, к величине заряда: $\vec{E} = \vec{F}/q$. В среде электрическое поле характеризуется, наряду с вектором напряжённости $\vec{E}$, также вектором *электрической индукции* $\vec{D}$. Распределение электрического поля в пространстве можно изображать с помощью *силовых линий*, или линий напряжённости, направление касательных к которым в каждой точке показывает направление вектора $\vec{E}$. Силовые линии электростатического поля, порождаемого неподвижными зарядами, непрерывны в пространстве между зарядами; они начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных (или уходят на бесконечность). Такое электрическое поле потенциально: работа сил электростатического поля при перемещении заряда зависит от положения начальной и конечной точек, но не зависит от формы пути (от траектории, по которой производится перемещение заряда). Для характеристики потенциального электрического поля наряду с вектором напряжённости $\vec{E}$ используется

скалярная величина — *потенциал* $\varphi(r)$. Потенциал $\varphi(r)$ в некоторой точке r определяется как работа, совершаемая силами электрического поля при перемещении единичного заряда из данной точки в точку, потенциал которой принят за нуль. При этом напряжённость поля выражается через *градиент* потенциала: $\vec{E} = -\text{grad}\varphi(r)$.

Согласно *уравнениям Максвелла*, электрическое поле порождается также изменяющимся во времени магнитным полем. Такое электрическое поле, в отличие от потенциального электростатического поля, создаваемого неподвижными зарядами, имеет вихревой характер — его силовые линии замкнуты.

электрическое сопротивление 1) resistance, ohmic resistance // Widerstand m : физическая величина, характеризующая противодействие проводника или *электрической цепи* прохождению *электрического тока*. Электрическое сопротивление R участка цепи, в котором отсутствуют источники тока, при постоянном токе I определяется как скалярная величина, равная отношению *напряжения* U на концах участка к силе электрического тока I : $R = U/I$ (см. *закон Ома*). В этом случае сопротивление называют активным или омическим. Оно зависит от материала проводника, его размеров и формы. Сопротивление измеряется в *омах*. Для однородного по составу проводника при постоянном поперечном сечении S и длине l $R = \rho l/S$, где ρ — удельное сопротивление, характеризующее материал проводника. Величина σ , обратная удельному сопротивлению, называется *электропроводностью*: $\sigma = 1/\rho$.

Электрическое сопротивление приводит к диссипации (рассеянию) электрической энергии и её переходу в тепловую энергию (см. *закон Джоуля–Ленца*). Сопротивление металлических проводников обусловлено рассеянием электронов проводимости на структурных неоднородностях (примесных атомах, дефектах кристаллической решетки) и тепловых колебаниях атомов решетки. Поэтому R зависит от температуры, и лишь при $T \rightarrow 0$, когда тепловые колебания не влияют на сопротивление, оно определяется полностью структурой кристалла и не зависит от T . При очень низких температурах электрическое сопротивление некоторых металлов и сплавов скачком обращается в нуль — наблюдается *сверхпроводимость*.

В цепи переменного тока любой проводник конечных размеров, помимо активного сопротивления, имеет также ёмкостное и индуктивное сопротивления, зависящие от частоты ω синусоидального переменного тока. Ёмкостное сопротивление (capacitance // kapazitiver Widerstand) участка цепи $X_C = 1/(\omega C)$, где C — ёмкость этого участка; индуктивное сопротивление (inductive reactance // Induktivität f) $X_L = \omega L$, где L — индуктивность. Если последовательная цепь переменного тока обладает активным сопротивлением R , ёмкостным сопротивлением $X_C = 1/(\omega C)$ и индуктивным сопротивлением

$X_L = \omega L$, то её полное сопротивление, или импеданс Z (impedance // Impedanz f), определяется выражением $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, где $X = X_L - X_C = \omega L - 1/(\omega C)$ — реактивное сопротивление (reactance // Blindwiderstand m). Для цепи переменного тока закон Ома имеет вид $I = U/Z$.

электричество / electricity // Elektrizität f : вся совокупность чрезвычайно разнообразных явлений, связанных с существованием, движением и взаимодействием *электрических зарядов* и создаваемых ими силовых полей, т.е. обусловленных *электромагнитным взаимодействием*.

электровáкуумные приборы / tubes, electronic devices // Elektronenröhren pl : приборы, принцип действия которых основан на движении электронов в высоком вакууме. К электровáкуумным приборам относятся электронные лампы (выпрямительные, генераторные, усилительные, смесительные и др.), электронные приборы СВЧ диапазона (клистроны, магнетроны), лампы бегущей волны, электронно-лучевые и фотоэлектронные приборы (кинескопы телевизоров и компьютерных мониторов, передающие телевизионные трубки, вакуумные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители, электронно-оптические преобразователи приборов ночного видения, рентгеновские трубки и т.д.).

электродви́жущая сýла [сокр: эдс, ЭДС] / elektromotive force [сокр: emf] // elektromotorische Kraft [сокр: ЕМК]: физическая величина, характеризующая действие сторонних сил в источниках тока. В замкнутом проводящем контуре эдс равна работе этих сил при перемещении единичного положительного заряда вдоль всего контура: $\mathcal{E} = \oint \vec{E}_{\text{стор}} \cdot d\vec{l}$, где $E_{\text{стор}}$ — напряжённость поля сторонних сил, $d\vec{l}$ — элемент длины контура. Сторонние силы приводят в движение заряженные частицы внутри источников тока — гальванических элементов, аккумуляторов, генераторов. Сторонние силы могут иметь различную физическую природу: в генераторах это силы, действующие на заряды со стороны вихревого электрического поля, возникающего при изменении со временем магнитного поля (*электромагнитная индукция*) или *сила Лоренца*, действующая со стороны магнитного поля на электроны в проводнике, движущемся в магнитном поле; в гальванических элементах это силы химической природы. Электродвижущая сила источника тока равна *электрическому напряжению* на его полюсах при разомкнутой цепи. В замкнутой цепи, в соответствии с *законом Ома*, эдс определяет силу тока I : $I = \mathcal{E}/(R + R_i)$, где R — сопротивление внешней цепи, R_i — внутреннее сопротивление источника тока.

электродина́мика / electrodynamics // Elektrodynamik f : раздел учения об электричестве, теория *электромагнитного поля*, осуществляющего взаимодействие между электрическими зарядами (*электромагнитное взаимодействие*). Законы классической электродинамики выражаются *уравнениями Максвелла*,

которые связывают характеристики электромагнитного поля — напряжённость электрического поля $\vec{E}$ и индукцию магнитного поля $\vec{B}$ с распределением в пространстве зарядов и токов, создающих это поле. Электромагнитное взаимодействие отличается чрезвычайной широтой и многообразием своих проявлений в окружающем нас мире. Это связано с тем, что все тела построены из заряженных частиц, электромагнитное взаимодействие между которыми, с одной стороны, значительно интенсивнее гравитационного и *слабого взаимодействий*, а с другой — является дальнедействующим в отличие от *сильного взаимодействия*. Электромагнитным взаимодействием определяется строение электронных оболочек атомов, сцепление атомов в молекулах и кристаллах (химическая связь), образование конденсированного состояния вещества (межмолекулярное взаимодействие). Законами электродинамики определяется излучение, распространение и взаимодействие с веществом *электромагнитных волн* (в частности света), т.е. электродинамика служит теоретическим фундаментом оптики (электромагнитная теория света).

электрoды / electrodes // Elektroden *pl*: проводники, посредством которых часть *электрической цепи*, образованная проводами, соединяется с частью цепи, проходящей в вакууме или в неметаллической среде с ионной или электронной проводимостью. В электрических и радиотехнических приборах и устройствах электрод, соединяемый с положительным полюсом источника тока, называют анодом, а с отрицательным полюсом — катодом. В химических источниках тока и аккумуляторах анодом называют положительный, а катодом — отрицательный электрод. В гальванотехнике электроды погружают в *электролит* — раствор соли осаждаемого металла; при пропускании тока на катоде осаждается металл; анод обычно изготавливается из того же металла и в процессе работы постепенно растворяется в электролите. Дуговая электросварка производится с использованием специальных сварочных электродов. В *электровакуумных приборах* электроды служат для создания электрических полей и собирания электронов, испускаемых накаливаемым катодом в результате *термоэлектронной эмиссии*. В газоразрядных приборах между электродами происходит *электрический разряд*.

электроёмкость, ёмкость / capacitance // Kapazität *f*: см. *электрическая ёмкость*.

электрoлиз / electrolysis // Elektrolyse *f*: совокупность электрохимических процессов, происходящих на *электродах*, погружённых в *электролиты* — растворы солей, кислот и оснований. При прохождении электрического тока на электродах происходит выделение в свободном виде веществ, входящих в состав электролита. Электропроводность электролитов обусловлена движением ионов. Поэтому прохождение электрического тока через них связано с переносом вещества. На аноде происходит электрохимическое окисление — отрицательно заряженные ионы становятся нейтральными

атомами и выделяются из раствора. На катоде происходит восстановительная реакция — положительные ионы получают недостающие электроны.

Законы электролиза были установлены английским учёным М. Фарадеем в 1833–1834 гг. Согласно первому закону Фарадея, масса m выделившегося на аноде вещества пропорциональна прошедшему через электролит заряду, т.е. произведению силы тока I на время его прохождения t : $m = kIt$. Коэффициент пропорциональности k называется электрохимическим эквивалентом данного вещества. Второй закон Фарадея устанавливает связь электрохимического k эквивалента с химическим эквивалентом $A = \mu/n$, определяемым как отношение молярной (или атомной) массы μ к заряду иона n , выраженному в единицах элементарного заряда e : $A = kF$, где F — постоянная Фарадея, численно равная заряду, который должен пройти через электролит, чтобы на электроде выделилась масса, численно равная k . Такой заряд переносят ионы, число которых равно N_A/n , где N_A — постоянная Авогадро, т.е. число молекул в одной грамм-молекуле. Поэтому $F = eN_A = 96\,500$ Кл/моль.

Электролиз используется для промышленного получения чистых веществ, а также для покрытия предметов тонким защитным или декоративным слоем вещества (никелирование, хромирование и т.п.).

электролиты / electrolytes // Elektrolyten *pl*: жидкие или твёрдые вещества, в которых содержатся ионы, способные переносить заряд и создавать возможность прохождения электрического тока (т.е. создавать ионную проводимость). В узком смысле слова электролитами называют вещества, распадающиеся в растворе на ионы, т.е. подверженные электролитической диссоциации. Степень диссоциации (т.е. доля диссоциированных молекул) зависит от природы растворённого вещества, а также от природы растворителя, температуры, давления и других факторов. При прохождении электрического тока через электролит на погруженных в него *электродах* происходит *электролиз*, т.е. окислительно-восстановительные химические реакции, сопровождающиеся выделением в свободном виде веществ, входящих в состав электролита.

электролюминесценция / electroluminescence // Elektrolumineszenz *f*: *люминесценция*, возбуждаемая электрическим полем в газах и твёрдых телах. При электролюминесценции молекулы или атомы вещества переходят в возбуждённое состояние в результате возникновения в нём какой-либо формы *электрического разряда*; свет люминесценции испускается при последующих *квантовых переходах* возбуждённых атомов в основное состояние. Инжекционная электролюминесценция происходит в $p - n$ -переходах некоторых полупроводников, например в SiC и GaP, когда к ним приложено электрическое напряжение в пропускном направлении. В n -область инжектируются избыточные дырки, а в p -область — избыточные

электроны. Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в окрестности $p - n$ -перехода. Электролюминесценция газов — свечение, возникающее при электрическом разряде в газах — используется в газоразрядных трубках. Электролюминесценция твёрдых тел применяется в индикаторных устройствах.

электромагнит / electromagnet // Elektromagnet *m*: электротехническое устройство обычно с ферромагнитным сердечником и обмоткой из изолированного провода, при пропускании тока по которому сердечник намагничивается. Электромагнит применяется для возбуждения *магнитного потока* и служит одной из основных частей многих электрических машин, аппаратов и приборов. Электромагниты особо больших размеров используются в циклических *ускорителях заряженных частиц* (циклотронах, синхрофазотронах и др.).

электромагнитная волна / electromagnetic wave // elektromagnetische Welle *f*: распространяющееся в пространстве переменное *электромагнитное поле*. Существование электромагнитных волн предсказано английским учёным М. *Фарадеем* в 1832 году, и строго получено на основе уравнений электродинамики Дж. *Максвеллом* в 1865 году. Электромагнитные волны порождаются неравномерно движущимися *электрическими зарядами*. Переменный *электрический ток* создаёт вокруг проводника переменное *магнитное поле*, порождающее вокруг себя переменное *электрическое поле*, которое в свою очередь порождает переменное магнитное поле, и так далее. Эти связанные между собой поля распространяются от источника в окружающее пространство, где отсутствуют электрические заряды и токи, со скоростью, равной *скорости света*.

Совпадение теоретически рассчитанной скорости электромагнитных волн со скоростью света, определённой ранее из астрономических наблюдений и специальных опытов, привело Максвелла к заключению, что свет представляет собой частный случай электромагнитных волн. В результате возникла электромагнитная теория света, и центральная для оптики проблема природы света получила своё решение до некоторой степени на стороне, в исследованиях по электродинамике. Радиоволны, свет, рентгеновское и гамма-излучение — всё это электромагнитные волны разной длины. Длина радиоволн лежит в диапазоне от десятков километров до нескольких миллиметров. Длину световых волн указывают обычно в *нанометрах* (нм), длину рентгеновских и гамма-волн в *ангстремах* (Å). Оптическое излучение (свет) имеет длину волны в пределах от 0,5 мкм до 4 нм (видимый свет — от 770 нм до 400 нм), рентгеновское излучение — от 15 Å до 0,01 Å, гамма-излучение — от 0,01 Å и короче. Световое, рентгеновское и особенно гамма-излучение обнаруживают также и корпускулярные свойства, т.е. в процессах излучения и при взаимодействии с веществом в определённых

обстоятельствах (например, в явлении *фотоэффекта*) ведут себя подобно потоку частиц.

электромагнитная индукция / electromagnetic induction // elektromagnetische Induktion: явление возникновения *электродвижущей силы* в контуре при изменении *магнитного потока* через поверхность, ограниченную этим контуром. Причиной эдс индукции в контуре при изменении во времени магнитного поля является возникновение вихревого электрического поля. В замкнутом проводящем контуре, находящемся в изменяющемся магнитном поле, это вихревое электрическое поле играет роль сторонних сил и приводит в движение свободные заряды, вызывая индукционный ток. Электродвижущая сила индукции в проводнике возникает также при изменении магнитного потока из-за движения этого проводника в постоянном магнитном поле. В этом случае роль сторонних сил играет *сила Лоренца*, действующая со стороны магнитного поля на движущиеся вместе с проводником заряды.

Явление электромагнитной индукции открыто английским учёным М. Фарадеем в 1831 году и независимо от него в 1832 году американским учёным Дж. Генри (Joseph Henry, 1797–1878). Согласно *закону электромагнитной индукции* Фарадея, эдс индукции $\mathcal{E}_i$ в контуре пропорциональна скорости изменения потока магнитной индукции $\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}$ через поверхность S , ограниченную контуром: $\mathcal{E}_i = -k d\Phi/dt$. Коэффициент пропорциональности $k = 1$ в системе единиц СИ и $k = 1/c$ в гауссовой системе единиц СГС (c — скорость света). Знак минус в этом законе определяет направление индукционного тока в соответствии с *правилом Ленца*. Закон электромагнитной индукции входит в *уравнения Максвелла* в качестве одного из основных законов электродинамики. Явление электромагнитной индукции лежит в основе работы генераторов электрического тока, трансформаторов и т.д.

электромагнитное взаимодействие / electromagnetic interaction // elektromagnetische Wechselwirkung: один из типов фундаментальных взаимодействий (наряду с сильным, слабым и гравитационным взаимодействиями), в котором участвует *электромагнитное поле*. Электромагнитное поле либо излучается или поглощается при взаимодействии (в квантовой физике — в виде *фотонов*), либо переносит взаимодействие между телами. Способность элементарных частиц к участию в электромагнитных взаимодействиях определяется наличием или отсутствием у них *электрического заряда*, который может быть положительным или отрицательным, но по величине всегда равен *элементарному электрическому заряду* $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Электромагнитное взаимодействие является дальнодействующим и отличается необычайным многообразием своих проявлений. Взаимодействие электронов с ядрами в атомах, взаимодействие между молекулами вещества — всё

это проявления электромагнитного взаимодействия, которое по сути дела определяет (на основе законов *квантовой механики*) возможность устойчивого состояния и все свойства атомов, молекул и макроскопических тел. К электромагнитным взаимодействиям сводится большинство сил, наблюдаемых в макроскопических явлениях: силы упругости, силы трения, капиллярные (силы поверхностного натяжения) и т.д. Свойства вещества в различных агрегатных состояниях и особенности фазовых переходов, любые химические реакции и превращения, разнообразные электрические и оптические явления, используемые в электротехнике, радиотехнике, электронике, оптике, квантовой электронике определяются электромагнитным взаимодействием.

Электромагнитные явления, в которых участвуют сравнительно слабые и медленно меняющиеся электромагнитные поля, подчиняются законам классической *электродинамики* и описываются *уравнениями Максвелла*. Для сильных или быстро меняющихся полей определяющими становятся квантовые явления. Электромагнитные процессы с участием элементарных частиц описываются квантовой электродинамикой. Константа электромагнитного взаимодействия, определяющая его роль в квантовых явлениях — это элементарный электрический заряд e . Интенсивность электромагнитных процессов в микромире пропорциональна безразмерному параметру $\alpha = e^2/\hbar c = 1/137$, называемому постоянной тонкой структуры. Малость величины α проявляется в том, что вероятности электромагнитных процессов малы по сравнению с вероятностями аналогичных процессов, протекающих за счёт сильного взаимодействия. По интенсивности и длительности протекания процессов электромагнитное взаимодействие занимает промежуточное положение между сильным и слабым фундаментальными взаимодействиями. Универсальность электромагнитного взаимодействия проявляется в том, что ему в равной мере подвержены электрически заряженные элементарные частицы разной природы (*лептоны*, участвующие в слабых взаимодействиях, и *адроны*, участвующие в сильных взаимодействиях), а также макроскопические тела.

электромагнитное поле / electromagnetic field // elektromagnetisches Feld: особая форма материи, посредством которой осуществляется *электромагнитное взаимодействие* между электрически заряженными частицами. Электромагнитное поле в вакууме количественно характеризуется вектором напряжённости электрического поля $\vec{E}$ и вектором магнитной индукции $\vec{B}$, которыми определяются силы, действующие со стороны поля на неподвижные и движущиеся заряженные частицы: $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$ (СИ), $\vec{F} = q\vec{E} + (q/c)\vec{v} \times \vec{B}$ (СГС), где q — заряд частицы, $\vec{v}$ — её скорость. В классической электродинамике векторы поля могут быть рассчитаны с помощью *уравнений Максвелла*, которые связывают $\vec{E}$ и $\vec{B}$ с их источниками, т.е. зарядами и токами.

Наряду с векторами $\vec{E}$ и $\vec{B}$, электромагнитное поле можно описывать скалярным φ и векторным $\vec{A}$ потенциалами, через которые векторы $\vec{E}$ и $\vec{B}$ выражаются соотношениями: $\vec{B} = \text{rot}\vec{A}$, $\vec{E} = -\text{grad}\varphi - \partial\vec{A}/\partial t$. Уравнения для потенциалов имеют более простую форму, чем уравнения Максвелла, которым удовлетворяют векторы $\vec{E}$ и $\vec{B}$, что в некоторых случаях упрощает задачу расчета полей. Электромагнитное поле в веществе характеризуется ещё двумя вспомогательными величинами: напряжённостью магнитного поля $\vec{H}$ и *электрической индукцией* $\vec{D}$.

Электромагнитное поле неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами; при движении частиц с ускорением электромагнитное поле «отрывается» от них и существует независимо в форме *электромагнитных волн*, распространяющихся от источника в пустом пространстве со скоростью света.

электромагнитные колебания / electromagnetic oscillations // elektromagnetische Schwingungen: взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей. В устройствах и *системах с сосредоточенными параметрами*, например, в *колебательном контуре*, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, эти поля разнесены пространственно: электрическое поле в основном сосредоточено между обкладками конденсатора, а магнитное — внутри катушки. Электрический ток в таких системах можно рассматривать как квазистационарный, т.е. имеющий в данный момент одну и ту же величину во всех участках контура. Период собственных электромагнитных колебаний в контуре с сосредоточенными параметрами определяется *формулой Томсона*: $T = 2\pi\sqrt{LC}$, где C — ёмкость конденсатора, L — индуктивность катушки. Дважды на протяжении каждого периода энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля и обратно. В системах с потерями, например, в колебательном контуре с конечным сопротивлением катушки и соединительных проводов, происходит диссипация (рассеяние) энергии, и эти превращения энергии частично необратимы, что проявляется как затухание собственных колебаний.

В *системах с распределёнными параметрами*, в частности в линиях передач, в *объёмных резонаторах* и в *открытых резонаторах*, собственные электромагнитные колебания характеризуются дискретным набором частот, причём каждой частоте соответствует один или несколько типов колебаний, называемых *нормальными колебаниями* или *модами*. Нормальные колебания имеют вид синусоидальных *стоячих волн*, в которых колебания векторов $\vec{E}$ и $\vec{B}$ сдвинуты по времени на четверть периода, а пространственные распределения их амплитуд смещены на четверть длины волны, так что пучности электрического поля совпадают с узлами магнитного, и наоборот. При таких собственных колебаниях в среднем не происходит переноса энергии, но внутри каждого четвертьволнового участка между

узлами полей дважды за период энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля и обратно.

Возбуждение незатухающих электромагнитных колебаний (вынужденных колебаний) возможно при подключении к колебательному контуру или резонатору внешнего источника (генератора электромагнитных колебаний). При совпадении частоты генератора с одной из собственных частот в системе наступает *резонанс*. В автоколебательных системах незатухающие колебания происходят благодаря положительной обратной связи, обеспечивающей компенсацию потерь энергии колебаний за счёт постоянного источника энергии.

электрѳн / electron // Elektron n : первая из открытых в физике *элементарных частиц*. Открыт в 1897 году английским физиком Дж.Дж. Томсоном (Joseph John Thomson, 1856–1940). Масса электрона (наименьшая из всех элементарных частиц) $m_e = 0,91 \cdot 10^{-30}$ кг, *энергия покоя* (масса в энергетических единицах) $m_e c^2 = 0,511$ МэВ (см. *эквивалентность массы и энергии*), электрический заряд $-e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ К (e — элементарный электрический заряд). Электроны входят в состав всех атомов; их число в нейтральном атоме равно атомному номеру элемента в *периодической системе химических элементов*, т.е. числу протонов в ядре атома. Спин электрона равен $1/2$ (в единицах $\hbar$), поэтому электроны подчиняются *статистике Ферми–Дирака*. Магнитный момент электрона $\mu_e = -1,00116 \mu_B$, где μ_B — *магнетон Бора*. Электрон — стабильная частица и относится к *лептонам*. Участвует в электромагнитном, слабом и гравитационном взаимодействиях.

Если принять, что вся масса электрона m_e имеет чисто электромагнитное происхождение, т.е. если приравнять его энергию покоя $m_e c^2$ энергии создаваемого им электрического поля e^2/r_0 (в системе СГС), то нужно приписать электрону радиус $r_0 = e^2/(m_e c^2) \approx 10^{-13}$ м — так называемый классический радиус электрона. Но на самом деле понятие «размер электрона» в рамках классической физики невозможно ввести непротиворечивым образом. Причину этих затруднений можно объяснить на основе квантовой механики. Согласно гипотезе французского физика Л. де Бройля (L. de Broglie), электрон, как и все другие материальные микрообъекты, проявляет не только корпускулярные, но и волновые свойства (см. *волна де Бройля*). Для электрона длина волны де Бройля $\lambda_e = 2\pi\hbar/p = 2\pi\hbar/m_e v$, где p — импульс электрона, v — его скорость ($\hbar$ — постоянная Планка). Поэтому электрон, подобно свету, может испытывать *интерференцию* и *дифракцию*. Дифракция электронных волн впервые наблюдалась экспериментально в 1927 году.

Движение электрона в атоме или в веществе подчиняется законам квантовой механики и описывается *уравнением Шрёдингера* для нерелятивистских

явлений и *уравнением Дирака* — для релятивистских. На основе этих уравнений можно показать, что почти все электрические, оптические, магнитные, химические и механические свойства вещества объясняются движением электронов и структурой электронных состояний. На основе квантовой механики с учётом спина электрона и *принципа Паули* объясняется заполнение *электронных оболочек* атомов и *периодическая система химических элементов*, а также природа химической связи атомов в молекулах и кристаллах.

электронво́льт [сокр: эВ] / electron-volt [сокр: eV] // Elektronen-volt n [сокр: eV]: внесистемная единица энергии, применяемая в атомной физике для измерения энергии заряженных микрочастиц. 1 эВ равен энергии, приобретаемой частицей с зарядом $e = 1,60201 \cdot 10^{-19}$ К при ускорении в электрическом поле напряжением 1 вольт: $1 \text{ eV} = 1,60201 \cdot 10^{-19}$ Дж. Обычно пользуются более крупными единицами, например $1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ}$. Часто в электронвольтах выражают энергию покоя (и массу) микрочастиц на основе соотношения Эйнштейна $E = m_0 c^2$ между массой покоя и энергией. 1 атомная единица массы (а.е.м.) = 931,5 МэВ.

электрѳника / electronics // Elektronik *f*: 1) область физики и техники, основанная на использовании электровакуумных приборов, транзисторов, микросхем для радио и телевидения, спутниковой связи, телекоммуникаций и т.д. 2) всевозможные транзисторные приборы, аппараты, трансляционные линии.

электрѳнная ѳптика / electron optics // elektronische Optik: формирование и фокусировка пучков электронов в вакууме под воздействием электрических и магнитных полей для получения с их помощью изображений, а также совокупность приборов и методов исследования, основанных на использовании электронных пучков. Зарождение электронной оптики связано с созданием в конце 19 века электронно-лучевой трубки и электронного осциллографа. Последующая разработка так называемых электронных линз и электронных зеркал привела к созданию *электронного микроскопа*, электронно-оптического преобразователя и других приборов, в которых формируются электронно-оптические изображения объектов. В электронно-оптических устройствах широко применяются электрические и магнитные поля, обладающие симметрией вращения относительно оптической оси системы. Такие осесимметричные поля создаются электродами в виде цилиндров, диафрагм с круглыми отверстиями, электромагнитами с полюсами в форме тел вращения или кольцевыми катушками с током. Электростатическим и магнитным линзам свойственны аберрации, аналогичные аберрациям центрированных оптических систем. В электронно-лучевых трубках и растровых электронных микроскопах используют также устройства с электрическими или магнитными полями для поперечного отклонения пучков.

Разрешающая способность современных просвечивающих электронных микроскопов в несколько тысяч раз больше, чем у оптических микроскопов, что объясняет их широкое использование в научных исследованиях. При фотографировании с их помощью периодических структур удаётся реализовать разрешение порядка 1 Å. Это оказывается возможным благодаря чрезвычайно малой де-Бройлевской длине волны электронов (см. *электрон*).

электрoнная пoчта / e-mail, E-mail // E-Mail *n, f*, eMail *n, f*: компьютерная система для передачи и приёма сообщений по телефонным и оптоволоконным линиям и радиоканалам, часть *Интернета*.

электрoнная прoвoдiмoсть / electron conduction // Elektronenleitung *f*: проводимость *n*-типа, т.е. *электропроводность* полупроводника, в котором основные носители заряда — отрицательно заряженные электроны в *зоне проводимости*. Для осуществления электронной проводимости концентрация доноров должна быть больше концентрации акцепторов.

электрoнная теoрия / electron theory // Elektronentheorie *f*: теория электромагнитных процессов, базирующаяся на законах классической (неквантовой) физики. В основе электронной теории, развитой в конце 19 – начале 20 века в трудах Г.А. *Лоренца*, лежат представления о строении вещества из расположенных в вакууме электрически заряженных частиц — электронов и атомных ядер. Уравнения электронной теории представляют собой обобщение макроскопических *уравнений Максвелла* для вакуума на случай микроскопических электрического и магнитного полей, создаваемых отдельными заряженными частицами и конвекционными токами, т.е. токами, обусловленными движением заряженных частиц. При этом все заряды разделяются на свободные и связанные (последние входят в состав электрически нейтральных атомов и молекул). Усреднение уравнений электронной теории по «физически бесконечно малым» пространственным и временным интервалам (большим по сравнению с размерами атомов и временами обращения электронов вокруг ядер, но малым по сравнению с интервалами, на которых заметно изменяются макроскопические характеристики электромагнитного поля, такие как длина электромагнитной волны и её период), приводит к уравнениям Максвелла для электромагнитного поля в веществе. Электронная теория позволила выяснить физический смысл материальных постоянных вещества — *диэлектрической проницаемости* ϵ , *магнитной проницаемости* μ , *электропроводности* σ , характеризующих электрические и магнитные свойства вещества. На основе электронной теории были предсказаны или объяснены многие важные электрические и оптические явления (свойства металлов, *дисперсия* света, *эффект Зеемана* и др.).

электрoнная эми́ссия / electron emission // Elektronenemission *f*: испускание электронов в вакуум из конденсированного вещества через его поверхность. Электронная эмиссия возникает в тех случаях, когда

часть электронов конденсированной среды получает энергию, достаточную для преодоления потенциального барьера, существующего на границе среды и удерживающего электроны внутри среды, или когда внешнее электрическое поле делает этот барьер «прозрачным» для некоторых электронов. Электронная эмиссия наблюдается при нагревании тел (*термоэлектронная эмиссия*), при бомбардировке поверхности электронами (вторичная электронная эмиссия) или при падении на неё электромагнитного излучения (фотоэлектронная эмиссия, или внешний *фотоэффект*). Для наблюдения электронной эмиссии необходимо у поверхности тела (эмиттера) создать электрическое поле, удаляющее электроны от поверхности эмиттера. Сильное электрическое поле уменьшает высоту потенциального барьера и приводит к увеличению тока эмиссии, а в очень сильных полях потенциальный барьер становится столь тонким, что становится возможным *туннельный эффект*, в результате которого происходит «просачивание» электронов сквозь барьер, которое называют автоэлектронной эмиссией.

электронно-дырочный переход $p-n$ -переход / electron-hole junction, electron-hole transition // Elektronen-Löcher-Übergang $m, p-n$ -Übergang m : область *полупроводника*, в пределах которой происходит изменение типа проводимости от электронной n к дырочной p . Электроны стремятся диффундировать в p -область из n -области, где их концентрация гораздо выше, а дырки — в n -область из p -области. После ухода электронов из n -области в ней остаются положительно заряженные ионы *доноров*, а после ухода дырок из p -области там остаются отрицательно заряженные *акцепторы*. Таким образом, в области $p-n$ -перехода образуется двойной слой пространственного заряда — отрицательные заряды в p -области и положительные — в n -области. Возникающее при этом электрическое поле внутри двойного слоя создаёт потенциальный барьер, противодействующий дальнейшей диффузии основных носителей тока.

При приложении внешнего электрического поля высота потенциального барьера изменяется. Если положительный потенциал приложен к p -области, то потенциальный барьер понижается (прямое смещение), и с ростом приложенного напряжения число основных носителей, способных преодолеть потенциальный барьер, экспоненциально нарастает. После прохождения через барьер эти носители становятся неосновными, т.е. концентрация неосновных носителей по обе стороны $p-n$ -перехода увеличивается — происходит инжекция неосновных носителей. Одновременно через контакты в p - и n -области входят равные количества основных носителей, компенсирующие заряды инжектированных неосновных носителей. В результате возрастает скорость рекомбинации электронов и дырок и появляется ток через переход, экспоненциально возрастающий с приложенным напряжением U .

Приложение отрицательного потенциала к p -области приводит к повышению

потенциального барьера (обратное смещение). При этом диффузия основных носителей через переход становится пренебрежимо малой, а малые потоки неосновных носителей не изменяются, так как для них барьера не существует. Через переход течёт слабый ток, сила которого почти не зависит от приложенного обратного (отрицательного) напряжения U . Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода отличается резко выраженной нелинейностью. При изменении знака U сила тока через переход может изменяться в $10^5 - 10^6$ раз. Благодаря этому свойству $p-n$ -переход может использоваться как полупроводниковый диод для выпрямления переменного тока.

Электронно-дырочные переходы составляют основу разного рода *полупроводниковых приборов* — диодов, *транзисторов*, интегральных схем. Инжекция и последующая рекомбинация неосновных носителей в $p - n$ -переходах используются в светодиодах и инжекционных полупроводниковых лазерах.

электрoнное письмо / e-mail, E-mail // E-Mail n, f , eMail n, f : сообщение, передаваемое по *электронной почте*.

электрoнно-лучёвая трóбка / electron tube // Elektronenstrahlröhre f , Bildröhre f : электровакуумный прибор, в котором узкий сфокусированный в электронной пушке пучок электронов (электронный луч) создаёт на люминесцирующем экране светящееся пятно. Используется в осциллографах, кинескопах телевизоров, мониторах компьютеров и т.п. Специальная отклоняющая система и модулирующий электрод могут перемещать луч, а следовательно, и пятно по экрану (строчная развёртка) и изменять его яркость. В результате на экране формируется изображение.

электрoнные оболóчки / electron shells (electron subshells) // Elektronenschalen pl : совокупность электронов в атоме, которым соответствуют одни и те же значения главного квантового числа n и орбитального (или азимутального) квантового числа l . В соответствии с *принципом Паули*, любые два электрона в атоме должны находиться в различных *квантовых состояниях* и, следовательно, отличаться хотя бы одним из четырёх квантовых чисел. Энергия электрона зависит только от двух квантовых чисел n и l . Для данного главного квантового числа n орбитальное число l может принимать только значения $l = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$. Электроны с одинаковыми значениями n и l , имеющие одинаковую энергию, образуют электронную оболочку атома. Такие электроны и соответствующие им оболочки принято обозначать символами ns, np, nd, nf , где n — главное квантовое число, принимающее значения $1, 2, 3, \dots$, а буквам s, p, d, f соответствуют значения орбитального квантового числа $l = 0, 1, 2, 3$. Таким образом, можно говорить, например, о $2s$ -электронах или $3p$ -оболочке и т.п. Каждому значению орбитального квантового числа l соответствует $2(2l + 1)$ различных значений двух оставшихся квантовых чисел m_l и m_s (от которых энергия электрона не зависит). Поэтому

на оболочках с $l = 0, 1, 2, 3$ может находиться соответственно 2, 6, 10, 14 электронов независимо от значения n . Электроны с данным n образуют электронный слой (electron layer, electron shell // Elektronenschale), состоящий из оболочек с $l = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$, на котором может разместиться максимум $2n^2$ электронов. Для $n = 1, 2, 3, 4$ слои обозначаются символами K, L, M, N . При полном заполнении оболочек в этих слоях будет находиться соответственно 2, 8, 18, 32 электрона.

электронные слои / electron layers, electron shells // Elektronenschalen *pl*: см. *электронные оболочки*.

электронный микроскоп / electron microscope // Elektronenmikroskop *n*: прибор для наблюдения и фотографирования многократно увеличенных изображений объектов, в котором вместо световых лучей используются пучки электронов, ускоренных до больших энергий (30 – 100 кэВ и более), движущихся в глубоком вакууме. Принципы *электронной оптики* базируются на аналогии между прохождением световых лучей в оптически неоднородной среде и траекториями электронов в электрических и магнитных полях. Исследуемый объект просвечивается пучком электронов, испускаемых накалившимся катодом и ускоренных электрическим полем электронной пушки. Степень рассеяния электронов неодинакова в различных точках объекта, в соответствии с чем меняется плотность потока электронов, формирующего изображение объекта при прохождении через электронные линзы микроскопа. Возникающий при просвечивании объекта амплитудный контраст преобразуется в световой контраст изображения на флуоресцирующем экране. Преимущества электронного микроскопа перед оптическим заключаются в более высокой *разрешающей способности*, реализуемой благодаря тому, что длина волны де-Бройля для быстрых электронов значительно меньше длины световой волны.

электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), электронный спиновый резонанс / electron paramagnetic resonance (EPR), electron spin resonance // paramagnetische Elektronenresonanz: резонансное поглощение энергии высокочастотного электромагнитного поля веществом, содержащим парамагнитные частицы и помещённом в постоянное магнитное поле. ЭПР — это частный вид *магнитного резонанса*, один из методов *радиоспектроскопии* сантиметрового и миллиметрового диапазона, объектами изучения которого могут быть атомы и молекулы с нечётным числом электронов; свободные радикалы химических соединений с неспаренными электронами; ионы с частично заполненными внутренними *электронными оболочками* (например, ионы переходных элементов); центры окраски в ионных кристаллах; электроны проводимости и дырки в металлах и полупроводниках.

В постоянном магнитном поле H уровни энергии парамагнитной частицы со спином S в результате *эффекта Зеемана* расщепляются на $2S + 1$

магнитных подуровней, отстоящих друг от друга на величину $\Delta E = g\beta H$, пропорциональную напряжённости магнитного поля H (здесь $g = 2,0023$ — g -фактор свободного электрона, β — *магнетон Бора*). Переменное магнитное поле, перпендикулярное к постоянному полю H , вызывает *квантовые переходы* между зеемановскими подуровнями, когда его частота ω удовлетворяет условию $\hbar\omega = g\beta H$, т.е. когда его квант энергии равен расстоянию ΔE между соседними уровнями. На такой частоте происходит резонансное поглощение энергии переменного поля, т.е. наблюдается спектральная линия ЭПР. Взаимодействие электронов парамагнитной частицы с окружением, например, с кристаллическим полем, в котором находится парамагнитный атом или ион, приводит к неэквидистантности зеемановского расщепления уровней в магнитном поле, что проявляется как тонкая структура спектра ЭПР. Взаимодействие электронов с магнитным моментом ядра парамагнитного атома или иона приводит к появлению в спектре ЭПР сверхтонкой структуры, т.е. к расщеплению каждой линии спектра на $2I + 1$ компонент, где I — спин ядра. Ширина линий ЭПР определяется процессами релаксации, в результате которых устанавливается заполнение магнитных подуровней, соответствующее тепловому равновесию.

Для измерения спектра ЭПР используют радиоспектрометры, в которых регистрируется изменение поглощаемой в исследуемом образце мощности высокочастотного электромагнитного поля при неизменной его частоте и медленном изменении (сканировании) магнитного поля H . Наиболее хорошо изучены спектры ЭПР ионов переходных металлов, входящих в качестве примесей в ионные монокристаллы. По спектрам ЭПР можно определить симметрию окружения парамагнитного иона и особенности его взаимодействия с соседними ионами кристаллической решётки, а также изучить механизмы релаксации. ЭПР даёт информацию о природе и локализации центров окраски в ионных кристаллах. Метод ЭПР широко применяется в химии и биологии для изучения процессов, в которых образуются молекулы с незаполненной химической связью — свободные радикалы.

электрón-позитрónная пáра / electron-positron pair // Elektron-Positron-Paar *n*: пара, образованная электроном (частицей) и позитроном (его *античастицей*). Пара может аннигилировать (исчезнуть), превратившись в электромагнитное излучение, т.е. в фотоны или гамма-кванты. В процессах аннигиляции электрон-позитронных пар материя не уничтожается, а лишь превращается из одной формы в другую. Энергия покоя электрона и позитрона в процессе аннигиляции пары превращается в энергию рождающихся гамма-квантов (фотонов). Обратный процесс, в котором гамма-кванты из радиоактивного источника превращаются в одновременно образующиеся электроны и позитроны, называется рождением пар. Законы сохранения

энергии и импульса запрещают рождение пары одиночным фотоном. Процесс рождения пары фотоном происходит в кулоновском поле ядра и атомных электронов при энергии фотона E_γ , превышающей удвоенную *энергию покоя* электрона $m_e c^2$. Рождение электрон-позитронных пар представляет собой основной механизм потерь энергии гамма-квантов с энергией, превышающей 10 – 30 МэВ, при их прохождении через вещество.

Электрон и позитрон могут образовать связанную кулоновскими силами водородоподобную (сходную с атомом водорода) систему, называемую позитронием (символ Ps). Размер Ps примерно вдвое превышает размер атома водорода, так как приведённая масса (см. *задача двух тел*) такой пары равна $m_e/2$. Позитроний образуется при столкновениях медленных электронов с атомами вещества и захвате позитроном атомного электрона. В зависимости от взаимной ориентации спинов электрона и позитрона возможны два состояния Ps: ортопозитроний при параллельных спинах и парапозитроний — при антипараллельных. Позитроний нестабилен, так как электрон и позитрон очень быстро аннигилируют: паразитроний аннигилирует в два гамма-кванта за время $1,25 \cdot 10^{-10}$ с, а ортопозитроний в три гамма-кванта за время $1,4 \cdot 10^{-7}$ с.

электропроводность, электрическая проводимость, проводимость / (electrical) conduction // elektrische Leitfähigkeit: способность данного материала проводить электрический ток под воздействием приложенного электрического поля, а также физическая величина, количественно характеризующая эту способность. Проводники (вещества, проводящие электрический ток) всегда содержат свободные носители заряда — электроны, ионы, направленное (упорядоченное) движение которых и есть электрический ток. Сила электрического тока I , т.е. полный заряд, пересекающий в единицу времени поперечное сечение проводника, зависит от приложенного к проводнику напряжения U , которое определяет напряжённость электрического поля $\vec{E}$ внутри проводника. Поверхностная плотность тока $\vec{j}$ зависит от значения $\vec{E}$ в данной точке и в изотропных проводниках совпадает с $\vec{E}$ по направлению. В простейших случаях эта зависимость выражается *законом Ома*: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$. Постоянный (не зависящий от $\vec{E}$) коэффициент σ называется электропроводностью или удельной электропроводностью. Величина, обратная σ , называется удельным *электрическим сопротивлением*: $\rho = 1/\sigma$.

Для разных проводников значения σ (и ρ) могут сильно различаться. Электропроводность многих проводников меняется в широких пределах при изменении состояния вещества: она зависит от агрегатного состояния, структуры вещества, наличия дефектов и примесей, температуры и других факторов. Электронная теория позволяет выразить σ через концентрацию n свободных носителей (число носителей в единице объёма), их заряд e , массу m и среднее время свободного пробега τ : $\sigma = ne^2\tau/m$.

Характер зависимости электропроводности от температуры T различен у разных веществ. У металлов зависимость $\sigma(T)$ определяется в основном уменьшением времени τ свободного пробега электронов с ростом температуры: увеличение T приводит к возрастанию интенсивности тепловых колебаний кристаллической решётки, на которых рассеиваются электроны (на квантовом языке говорят о столкновениях электронов с *фононами*). Остаточное сопротивление металлов при низких температурах обусловлено в основном рассеянием электронов проводимости на дефектах кристаллической решётки. Некоторые металлы и сплавы при охлаждении до нескольких К переходят в сверхпроводящее состояние с бесконечно большой проводимостью (см. *сверхпроводимость*). В *полупроводниках* электропроводность резко возрастает при повышении температуры за счёт роста концентрации электронов проводимости и дырок.

В металлах отклонения от закона Ома, как правило, незначительны, но в полупроводниках, электролитах и особенно в плазме в сильных электрических полях зависимость силы тока от напряжения (вольт-амперная характеристика) становится существенно нелинейной.

электроско́п / electroscope // Elektroskop n : физический прибор для обнаружения электризации тел и для грубой оценки степени этой электризации по углу расхождения двух тонких металлических лепестков, прикреплённых к металлическому шарiku, вследствие их электростатического отталкивания при сообщении шарiku электрического заряда (прикосновением к наэлектризованному телу). На таком же принципе устроен более совершенный прибор — электростатический вольтметр.

электроста́тика / electrostatics // Elektrostatik f : раздел *электродинамики*, в котором изучается взаимодействие неподвижных электрических зарядов (электростатическое взаимодействие). Основной закон электростатики — *закон Кулона*. Взаимодействие электрических зарядов осуществляется посредством электростатического поля, источником которого являются неподвижные электрические заряды. Электростатическое поле характеризуется *напряжённостью* $\vec{E}$ — отношением силы $\vec{F}$, действующей на пробный заряд q , к величине заряда: $\vec{E} = \vec{F}/q$. Силовые линии электростатического поля не замкнуты: они начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных (или уходят в бесконечность). Математически это свойство выражается уравнением $\text{rot}\vec{E} = 0$, в соответствии с которым электростатическое поле потенциально: работа сил поля при перемещении заряда не зависит от траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек. Потенциальность электростатического поля позволяет характеризовать его одной скалярной функцией — *потенциалом* φ , градиентом которой определяется напряжённость $\vec{E}$: $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$.

В диэлектриках поле характеризуется вектором *электрической индукции* $\vec{D}$, который удовлетворяет *теореме Гаусса* $\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho$ (СГС) или $\operatorname{div} \vec{D} = \rho/\varepsilon_0$ (СИ), где ρ — объёмная плотность электрических зарядов, ε_0 — *электрическая постоянная*. Теорема Гаусса входит в состав *уравнений Максвелла* — основных законов электродинамики.

Типичные задачи электростатики — нахождение потенциала φ (или напряжённости $\vec{E}$) электростатического поля, создаваемого заданным распределением электрических зарядов в пространстве; нахождение распределения зарядов на поверхностях проводников, вычисление энергии системы проводников по их зарядам и потенциалам. Все точки проводника имеют один и тот же потенциал. Внутри проводников электростатическое поле равно нулю. На этом свойстве основана электростатическая защита.

электростатический / electrostatic // elektrostatisch: связанный с *электростатикой*, имеющий отношение к электростатике, например электростатическое поле, электростатическая защита.

электрострикция / electrostriction // Elektrostriktion *f*: деформация диэлектриков под действием электрического поля, пропорциональная квадрату напряжённости электрического поля. В изотропных веществах, в том числе в жидкостях и газах, электрострикция проявляется как изменение плотности под действием электрического поля и описывается формулой $\Delta V/V = AE^2$, где $\Delta V/V$ — относительное изменение объёма, A — коэффициент, характеризующий данное вещество. Электрострикция может использоваться для преобразования электрических колебаний в упругие (звуковые).

электротехника / electrical engineering // Elektrotechnik *f*: учение о процессах, связанных с практическим применением электрических явлений; область техники, занимающаяся этими применениями, в том числе производством, преобразованием и использованием электрической энергии. Современная электротехника имеет громадное значение во всех областях человеческой деятельности. Это объясняется преимуществами электрической энергии перед другими видами энергии, а именно: возможностью концентрированного получения больших мощностей, простотой передачи энергии к месту потребления, лёгкостью распределения энергии между потребителями и преобразования в другие виды энергии; возможностью автоматизации сложных технологических процессов; простотой использования для приведения в действие машин и механизмов; в области связи — возможностью практически мгновенной передачи сигналов на очень далёкие расстояния с усилением их за счёт источников энергии на месте приёма и т.д.

элемент / element // Element *n*: 1) составная часть какого-либо сложного целого, рассматриваемая как первичное, неделимое образование

(например, элемент конструкции); 2) химический элемент — совокупность *атомов*, обладающих одинаковым зарядом ядра и занимающих одно и то же место в *периодической системе химических элементов*. Сокращённо химические элементы обозначаются одной или двумя буквами латинского названия данного элемента, например: кислород обозначается буквой О (латинское название Oxygenium), ртуть (Hydrargyrum) — буквами Hg. Вещество, состоящее из атомов только одного элемента, называется простым. Один и тот же элемент может образовывать различные простые вещества, например, углерод может существовать в виде графита и алмаза, отличающихся структурой кристаллической решётки; кислород может существовать в виде озона O_3 (три атома в молекуле) или обычного кислорода O_2 . Химические соединения (сложные вещества) состоят из нескольких различных элементов, например, вода H_2O состоит из водорода и кислорода, и т.п. При химических реакциях элементы не испытывают превращений, а происходит только перегруппировка их атомов в различных химических соединениях. Однако при ядерных превращениях (например, *ядерных реакциях*) атомы одного химического элемента могут превращаться в атомы какого-либо другого элемента или распадаться на составные части.

элементарная ячейка / lattice cell // Gitterbaustein *m*: часть атомной структуры *кристалла*, последовательными параллельными переносами (*трансляциями*) которой на определённые расстояния в трёх измерениях можно построить всю *кристаллическую решётку*. Элементарная ячейка имеет форму параллелепипеда, рёбра которого можно рассматривать как векторы трёх основных трансляций, определяющих трансляционную симметрию и задающих *решётку Браве* данного кристалла. По признаку точечной симметрии решётки Браве все кристаллы делятся на семь кристаллических систем (сингоний). Для описания кристаллической решётки достаточно знать размещение атомов в её элементарной ячейке.

элементарное преобразование / elementary transformation // elementare Umformung: элементарные преобразования *системы линейных алгебраических уравнений*: 1) перемена местами двух уравнений; 2) умножение обеих частей уравнения на ненулевое число; 3) прибавление к обеим частям какого-либо уравнения соответствующих частей другого уравнения; 4) отбрасывание уравнения, все коэффициенты которого и правая часть равны нулю. В результате таких преобразований получается система, *равносильная* исходной.

элементарное событие / simple event // elementares Ereignis: в *теории вероятностей*: элементарные события, или исходы, — неразложимые (т.е. простейшие) попарно несовместные события $\omega_1, \dots, \omega_n$, совокупность которых образует полный набор возможных результатов испытания. Это означает, что при каждом испытании обязательно произойдёт какое-

нибудь одно из элементарных событий. Множество элементарных событий обозначается Ω . Каждому элементарному событию ω_j приписывается некоторая вероятность p_j , причём $p_1 + \dots + p_n = 1$.

Всякое подмножество множества Ω называется событием. Элементарные события $\omega_i, \dots, \omega_m$, из которых состоит событие A , называются благоприятными для события A . Событие A происходит тогда и только тогда, когда происходит одно из благоприятных для A элементарных событий, при этом вероятность события A равна сумме вероятностей благоприятных элементарных событий: $P(A) = p_i + \dots + p_m$. Например, при каждом бросании *игральной кости* возможны шесть различных исходов, или элементарных событий: появление числа очков 1, 2, 3, 4, 5 или 6; тогда событие «появление числа очков не менее 5» состоит из элементарных событий «5» и «6», и вероятность данного события равна $\frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$. В более сложной ситуации, когда множество Ω элементарных событий бесконечно, на произвол в выборе подмножеств множества Ω накладывают ограничения, см. *случайное событие* и *вероятностное пространство*.

элементарные возбуждения / elementary excitations // elementare Anregungen: *квазичастицы*, совокупность которых изображает слабо возбуждённые состояния любой макроскопической системы, например, кристалла, жидкого гелия и т.п. Представление об элементарных возбуждениях было введено в физику Львом Давидовичем Ландау (1908–1968). В любой системе взаимодействующих частиц (электронов и атомов в кристалле, магнитных диполей в ферромагнетике, молекул в жидкости) движения отдельных частиц не являются независимыми, и энергия системы не сводится к сумме энергий отдельных частиц. Но можно показать, что энергия любого слабовозбуждённого состояния такой системы (т.е. состояния, близкого к основному) приближённо представима суммой однотипных слагаемых. Эти слагаемые можно интерпретировать как энергии отдельных квазичастиц — элементарных возбуждений макроскопической системы. Эти квазичастицы обладают определёнными зарядами, энергиями, импульсами и т.п. В макроскопической системе эти квазичастицы слабо взаимодействуют друг с другом, и в ряде случаев их совокупность можно с хорошей точностью рассматривать как *идеальный газ*. Поэтому многие процессы в такой системе можно интерпретировать как процессы переноса в газе квазичастиц — элементарных возбуждений. Яркий пример применения представлений об элементарных возбуждениях — теория *сверхтекучести* жидкого гелия. Возбуждённые состояния совершающей тепловые колебания кристаллической решётки можно представлять как совокупность квазичастиц — *фононов*. *Электропроводность* кристалла можно рассматривать как направленный перенос заряда квазичастицами — электронами в зоне проводимости и *дырками* в валентной зоне, испытывающими рассеяние на фононах (см. также *квазичастицы*).

элементарные функции / elementary functions // elementare Funktionen: следующие функции называются элементарными: *полиномы, показательная функция, логарифмическая функция, тригонометрические функции и обратные тригонометрические функции*, а также функции, получающиеся из перечисленных при помощи арифметических операций и как сложные функции, например, $(\cos e^x)^2 + \lg \sin \sqrt{1 - x^3 y^2}$.

элементарные частицы / elementary particles // elementare Teilchen: в точном значении этим термином обозначают первичные, далее неразложимые частицы, из которых, по предположению, состоит вся материя. В современной физике этот термин используется в менее строгом смысле — для наименования большой группы мельчайших частиц материи, не являющихся атомами или ядрами атомов (исключение составляет *протон* — ядро атома водорода). В эту группу помимо протона входят: *нейтрон, электрон, фотон*, а также пи-мезоны, мюоны, тяжёлые лептоны (τ), нейтрино трёх типов (электронное, мюонное и τ -нейтрино), «странные» частицы (K -мезоны, гипероны), разнообразные резонансы, мезоны со скрытым очарованием, «очарованные» частицы, «красивые» частицы, промежуточные векторные бозоны — всего более 350 частиц, в основном нестабильных. С развитием физики высоких энергий их число продолжает расти и, скорее всего, будет расти неограниченно. Большинство перечисленных частиц не удовлетворяет условию элементарности, так как по современным представлениям они (в частности, протон и нейтрон) представляют собой составные системы (состоят из *кварков*). Объединяет все эти частицы то, что это субъядерные частицы — своеобразные формы существования материи, не объединенные в ядра и атомы.

элементарный электрический заряд / elementary electric charge // elektrische Elementarladung: наименьший встречающийся в природе электрический заряд $e = 4,803250 \cdot 10^{-19}$ К. Заряд любого тела равен целому числу (положительных или отрицательных) элементарных зарядов. Элементарные частицы обладают электрическим зарядом $+e$ или $-e$ или являются незаряженными. Природа такого «квантования» электрического заряда неизвестна. Частицы с дробным электрическим зарядом не наблюдались, однако в современной теории элементарных частиц предполагается, что частицы, участвующие в сильном взаимодействии (*адроны*), состоят из *кварков*, заряды которых кратны $e/3$.

элемент дуги, элемент длины дуги, дифференциал дуги / differential of arc, element of length // Bogenelement n , Linienelement n : для кривой, заданной уравнением $\vec{r} = \vec{r}(t)$, где $\vec{r}$ — *радиус-вектор* переменной точки кривой, t — параметр, элемент длины дуги определяется формулой $ds = |\vec{r}'(t)| dt$. Если t — время, а данная кривая — траектория движения точки, то ds имеет смысл длины пути, проходимого точкой за малое

время dt со скоростью $|\vec{r}'(t)|$. См. также *криволинейный интеграл*.

Координатное выражение:

в декартовых координатах x, y, z (t — параметр):

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} dt$$

в цилиндрических координатах ρ, ϕ, z (ϕ — параметр):

$$ds = \sqrt{d\rho^2 + (\rho d\phi)^2 + dz^2} = \sqrt{\rho'^2 + \rho^2 + z'^2} d\phi;$$

в сферических координатах r, θ, ϕ (θ — параметр):

$$ds = \sqrt{dr^2 + (r d\theta)^2 + (r \sin \theta d\phi)^2} = \sqrt{r'^2 + r^2 + (r\phi' \sin \theta)^2} d\theta.$$

элемент матрицы / element of a matrix, entry // Element n einer Matrix: элемент $(A)_{ij}$ матрицы A — число или выражение, расположенное на пересечении i -й строки и j -того столбца.

элемент объёма / element of space // Raumelement n : бесконечно малый объём dV , вводимый в рассмотрение в связи с *тройными интегралами*.

Координатное выражение: в декартовых координатах x, y, z : $dV = dx dy dz$; в цилиндрических координатах ρ, ϕ, z : $dV = \rho d\rho d\phi dz$; в сферических координатах r, θ, ϕ : $dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$.

элемент площади / element of area, differential of area // Flächenelement n : бесконечно малая площадь $d\sigma$, вводимая в рассмотрение в связи с *двойными интегралами*. Координатное выражение: в декартовых координатах x, y : $d\sigma = dx dy$; в полярных координатах ρ, ϕ : $d\sigma = \rho d\rho d\phi$.

элемент поверхности, элемент площади поверхности / surface element, differential of area // Oberflächenelement n : площадь dS бесконечно малого участка поверхности S , вводимая в рассмотрение в связи с *поверхностными интегралами*. Если поверхность задана в декартовых координатах уравнением $z = z(x, y)$, то $dS = \sqrt{1 + (z'_x)^2 + (z'_y)^2} dx dy$, где z'_x, z'_y означает соответствующую частную производную. Если уравнение имеет вид $F(x, y, z) = 0$, то

$$dS = A \sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2} dx dy, \quad A = 1/|F'_z|.$$

Известны также формулы для dS в случае параметрического задания поверхности, когда $\vec{r} = \vec{r}(u, v)$.

элемент функции / element of a function // Funktionselement n : в теории *аналитических функций* — при *аналитическом продолжении*: степенной ряд *регулярной функции* в некоторой окрестности точки z_0 называют элементом этой функции в точке z_0 . При аналитическом продолжении из точки z_0 вдоль некоторой кривой в точку z_1 получается элемент аналитически продолженной функции в точке z_1 . Если при этом точка z_1 совпадает с исходной точкой z_0 , а новый элемент отличается от исходного элемента,

то это означает, что в результате аналитического продолжения получилась *многозначная функция*.

Эллипс / ellipse // Ellipse f : плоская кривая, одна из *кривых второго порядка*. Каноническое уравнение: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. Здесь x, y — прямоугольные *декартовы координаты* точки гиперболы, a и b — соответственно «большая» и «малая» полуоси, $a > b > 0$. Эллипс — замкнутая *выпуклая* кривая. Оси координат являются осями симметрии эллипса. Точки $F_1(-c, 0)$ и $F_2(c, 0)$, где $c = \sqrt{a^2 - b^2}$, называются *фокусами* эллипса. Параметрические уравнения эллипса: $x = a \cos t$, $y = b \sin t$, $0 \leq t < 2\pi$. Площадь области, ограниченной эллипсом, равна $S = \pi ab$. Геометрически эллипс может быть определён как плоская кривая, состоящая из точек, для каждой из которых сумма расстояний до двух фиксированных точек на плоскости (фокусов) постоянна.

Величина $e = c/a$ называется эксцентриситетом эллипса; очевидно, $e < 1$. Если $a \rightarrow b$, то $c \rightarrow 0$, $e \rightarrow 0$, и эллипс превращается в окружность.

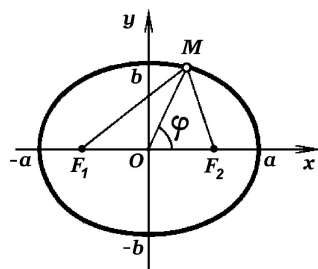


Рис. 211: Эллипс

эллипсоид / ellipsoid // Ellipsoid n : поверхность в пространстве, заданная уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

Здесь x, y, z — прямоугольные *декартовы координаты* точки поверхности, a, b, c — полуоси, $a > 0$, $b > 0$, $c > 0$. Эллипсоид — замкнутая *выпуклая* поверхность; начало координат является *центром симметрии*. Объём тела, ограниченного эллипсоидом: $V = \pi abc$. Если $a = b$, эллипсоид называется эллипсоидом вращения; он может быть получен как результат вращения вокруг оси Oz эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$. Если $a = b = c$, эллипсоид есть *сфера*.

эллипсоид вращения, сфероид / ellipsoid of revolution, spheroid // Drehellipsoid n , Sphäroid n : см. *эллипсоид*.

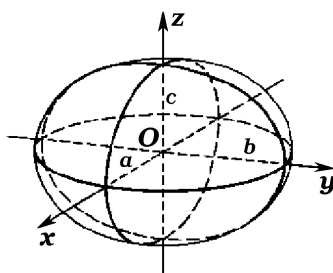


Рис. 212: Эллипсоид

эллиптическая функция / elliptic function // elliptische Funktion: однозначная *двойкопериодическая функция* $f(z)$, которая является *мероморфной функцией* при всех $z \in \mathbb{C}$. Эллиптические функции связаны с *эллиптическими интегралами*. Общая теория эллиптических функций построена в работах А.Лежандра, Н.Абеля, К.Якоби, К.Вейерштрасса.

эллиптический интеграл / elliptic integral // elliptisches Integral: интегралы вида

$$\int R(x, \sqrt{ax^3 + bx^2 + cx + f}) dx, \quad \int R(x, \sqrt{ax^4 + bx^3 + cx^2 + fx + g}) dx,$$

где $R(x, y) = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}$, а $P(x, y)$ и $Q(x, y)$ — *полиномы*, в большинстве случаев не выражаются через элементарные функции, и тогда такие интегралы называются эллиптическими интегралами. В результате преобразований всякий эллиптический интеграл можно привести к лежандровой форме, причём получится интеграл одного из трёх возможных видов:

$$\int \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}, \quad \int \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi} d\phi, \quad \int \frac{d\phi}{(1 + h^2 \sin^2 \phi) \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}},$$

называемых эллиптическими интегралами соответственно 1-го, 2-го и 3-го рода. Соответствующие определённые интегралы в пределах от $\phi = 0$ до $\phi = \psi$ обозначаются $F(k, \psi)$, $E(k, \psi)$, $\Pi(h, k, \psi)$. Эти функции относятся к классу *специальных функций*; для них составлены таблицы. Название «эллиптические интегралы» связано с тем, что длина дуги *эллипса* выражается через функцию $E(k, \psi)$.

эллиптическое уравнение / elliptic equation // elliptische Gleichung: линейное *дифференциальное уравнение* с частными производными 2-го порядка

$$\sum_{j,k=1}^n a_{jk}(\vec{x}) \frac{\partial^2 u}{\partial x_j \partial x_k} + \sum_{k=1}^n b_k(\vec{x}) \frac{\partial u}{\partial x_k} + c(\vec{x})u = f(\vec{x}), \quad \vec{x} = (x_1, \dots, x_n),$$

называется эллиптическим уравнением, или уравнением эллиптического типа, если *собственные значения* матрицы $A = (a_{jk})$ все положительны или все отрицательны. Примеры: *уравнение Лапласа, уравнение Гельмгольца*.

эмиссия 1) emission // Emission *f*: в физике: *электронная эмиссия* — испускание электронов в вакуум или газообразную среду твёрдыми или жидкими телами. 2) emission // Notenausgabe *f*, Emission *f*: выпуск денежных знаков или ценных бумаг на рынок.

эмиттер / emitter // Emitter *m*: в *транзисторе*: электрод и соединённая с ним внешняя область $n - p - n$ - или $p - n - p$ -структуры, из которой электроны через базу попадают в *коллектор* транзистора.

эмпирические закономерности / empirical laws // empirische Gesetze: закономерности, установленные опытным путём, через наблюдения и эксперимент, т.е. закономерности, представляющие собой обобщение экспериментальных фактов. Противоположное положение занимают теоретические закономерности, полученные дедуктивным путём из тех или иных фундаментальных законов. Промежуточное положение занимают закономерности, общий вид которых устанавливается на основе теоретических соображений, а числовые значения некоторых параметров в этих закономерностях — на основе данных эксперимента. Часто эмпирические закономерности подсказывают, в каком направлении следует вести исследование, чтобы установить теоретическую закономерность: в 1900 году М. Планк сначала чисто эмпирически установил закон излучения *абсолютно чёрного тела* (см. *формула Планка*); впоследствии попытки теоретического обоснования этого эмпирического закона привели в конечном счёте к возникновению квантовой физики.

эмульсия / emulsion // Emulsion *f*: дисперсная система, состоящая из двух взаимно не растворяющихся, несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена (эмульгирована) в виде более или менее мелких капелек в среде другой жидкости. Эмульсии широко распространены в природе. Типичные примеры эмульсий — молоко, млечные соки многих растений, например каучуконосов. Эмульсии широко применяются в разных технологических процессах.

эндотермическая реакция / endothermic reaction // endothermische Reaktion: химическая реакция, в процессе которой поглощается тепло.

энергетический барьер / energy barrier // Energiewall *m*: см. *потенциальный барьер, электронная эмиссия*.

энергетический уровень: см. *уровни энергии*.

энергия / energy // Energie *f*: общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Согласно *закону сохранения энергии*, энергия не возникает и не исчезает; она может только переходить из одной формы в другую. Понятие энергии связывает воедино все явления

природы. В соответствии с различными формами движения материи вводят различные формы энергии: механическую, внутреннюю, электромагнитную, химическую, ядерную и т.п. Это деление энергии на разные виды до некоторой степени условно. Так, например, внутренняя энергия представляет собой сумму *кинетической энергии* хаотического теплового движения молекул относительно центра масс тела и *потенциальной энергии* взаимодействия молекул друг с другом; химическая энергия складывается из кинетической энергии движения электронов в атомах и молекулах и потенциальной энергии электромагнитного взаимодействия электронов друг с другом и с ядрами атомов.

Энергия системы однозначно определяется значениями параметров, характеризующих состояние системы. Согласно *теории относительности*, энергия E любого тела неразрывно связана с его массой m соотношением $E = mc^2$ (см. *эквивалентность массы и энергии*). Если масса покоящегося тела m_0 , то его *энергия покоя* $E_0 = m_0c^2$; энергия покоя может переходить в другие формы при превращениях частиц (*аннигиляции*, распаде, в *ядерных реакциях* и т.п.). Согласно классической физике, энергия любой системы может изменяться непрерывным образом на сколь угодно малую величину; в квантовой физике энергия микрочастиц, движение которых происходит в ограниченной области пространства (например, электронов в атомах или молекулах, нуклонов в атомных ядрах), может принимать лишь определённые дискретные значения (см. *уровни энергии*). Поэтому возбуждённые атомы могут отдавать энергию в виде конечных порций — световых квантов (*фотонов*).

Энергия измеряется в тех же единицах, что и работа. В СИ единица энергии — *джоуль* (Дж). В атомной и ядерной физике часто используется внесистемная единица энергии — *электронвольт*.

энергия ионизации / ionisation energy // Ionisierungsenergie f , Ionisationsenergie f : минимальная энергия, необходимая для ионизации атома, т.е. для удаления одного внешнего электрона из атома, находящегося в основном энергетическом состоянии. Энергия ионизации E_i , выраженная в электронвольтах, численно равна ионизационному потенциалу. Для атома водорода энергия ионизации $E_i = m_e e^4 / (2\hbar^2) = 13,6$ эВ.

энергия покоя / rest energy // Ruheenergie f : энергия частицы (тела) в системе отсчёта, в которой эта частица покоится. Согласно *теории относительности*, любое тело, масса покоя которого равна m_0 , обладает энергией $E_0 = m_0c^2$ (см. *эквивалентность массы и энергии*). Энергия покоя может переходить в другие формы при превращениях частиц (*аннигиляции*, распаде, в *ядерных реакциях* и т.п.).

энергия связи / bond energy // Bindungsenergie f : разность между энергией связанного состояния системы каких-либо частиц (например,

кристалла, построенного из атомов, или атома как системы из ядра и электронов) и энергией такого состояния, когда эти же частицы удалены на бесконечно большие расстояния друг от друга (на такие расстояния, когда их взаимодействием можно пренебречь). По абсолютной величине энергия связи равна работе, которую нужно совершить для того, чтобы разделить эту систему на составляющие её частицы. Энергия связи характеризует устойчивость связанной системы и прочность связи между частицами. Если эти частицы — атомы, образующие молекулу, то это энергия химической связи. Если эти частицы — нейтроны и протоны, образующие атомное ядро, то это энергия связи ядра. При образовании из отдельных частиц связанной системы высвобождается такая же по величине энергия.

Энергия связи атомного ядра в основном определяется *сильным взаимодействием* нуклонов в ядре и, согласно соотношению Эйнштейна между массой и энергией (см. *эквивалентность массы и энергии*), пропорциональна *дефекту масс* Δm : $\Delta E = \Delta mc^2$. Для наиболее устойчивых ядер удельная энергия связи составляет около $8 \cdot 10^6$ эВ на нуклон. У тяжёлых ядер удельная энергия связи меньше, поэтому при их спонтанном делении происходит выделение энергии. Выделение энергии может происходить также при слиянии лёгких ядер в более тяжёлое ядро, что имеет место при термоядерных реакциях.

Энергия связи электронов в атоме определяется *электромагнитным взаимодействием*. Для атома водорода в основном состоянии она равна *энергии ионизации* $E_i = m_e c^4 / (2\hbar^2) = 13,6$ эВ.

энтальпия, теплосодержание / enthalpy // Enthalpie *f*: термодинамический потенциал H , характеризующий макроскопическую систему в состоянии равновесия при выборе в качестве независимых переменных *энтропии* S и *давления* p . Энтальпия связана с *внутренней энергией* U соотношением: $H = U + pV$, где V — объём системы. Полный дифференциал энтальпии имеет вид: $dH = TdS + Vdp$. Равновесному состоянию системы при заданных значениях энтропии S и давления p соответствует минимальное значение энтальпии.

энтропия / entropy // Entropie *f*: понятие, впервые введённое в термодинамике для определения меры необратимого рассеяния энергии. В статистической физике энтропия определяет меру вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния, в теории информации — меру неопределённости какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы.

В термодинамике понятие энтропии было введено в 1865 году немецким физиком Р. Клаузиусом (Rudolf Clausius, 1822–1888). Если система квазистатически совершает циклический процесс, получая на отдельных его участках малые количества теплоты δQ при соответствующих значениях температуры T , то интеграл от приведённого количества теплоты $\delta Q/T$ по всему циклу

равен нулю: $\oint \delta Q/T = 0$. Это так называемое равенство Клаузиуса, эквивалентное *второму началу термодинамики* для равновесных процессов, необходимо и достаточно для того, чтобы выражение $dS = \delta Q/T$ представляло собой *полный дифференциал* функции состояния S , называемой энтропией. При квазистатических *адиабатических процессах*, когда $\delta Q = 0$, энтропия системы остаётся постоянной. Для необратимых процессов интеграл по замкнутому пути от приведённой теплоты $\delta Q/T$ всегда отрицателен: $\oint \delta Q/T < 0$. Из этого неравенства Клаузиуса вытекает, что энтропия адиабатически изолированной системы при необратимых процессах может только возрастать. Термодинамическому равновесию адиабатически изолированной системы соответствует состояние с максимумом энтропии.

Статистическая физика связывает энтропию с *вероятностью* осуществления данного макроскопического состояния системы через логарифм его статистического веса W , т.е. числа микросостояний, реализующих данное макросостояние: $S = k \ln W$ (k — *постоянная Больцмана*). Связь энтропии системы со статистическим весом и вероятностью данного состояния была установлена в 1872 году австрийским физиком Л. Больцманом (Ludwig Boltzmann, 1844–1906). Возрастание энтропии адиабатически изолированной системы при установлении равновесия (при релаксации) связано с переходом системы из менее вероятного состояния в более вероятное. В отличие от термодинамики, статистическая физика допускает существование *флуктуаций* — процессов, при которых система переходит из более вероятных состояний в менее вероятные, и её энтропия уменьшается. Наличие флуктуаций означает, что закон возрастания энтропии выполняется только в среднем для достаточно больших промежутков времени. Энтропия в статистической физике тесно связана с информационной энтропией, которая служит мерой неопределённости *сообщений*.

энциклопéдия / encyclopedia // Enzyklopädie f , Lexikon n : многотомное справочное пособие, содержащее обширную информацию в форме статей практически по всем вопросам науки, культуры, хозяйства, истории, географии, техники, политики и т.д. Статьи располагаются в алфавитном порядке и сопровождаются иллюстрациями. В последние годы значительное распространение получили энциклопедии на компьютерных носителях информации. Кроме универсальных энциклопедий (таких, как Большая Советская энциклопедия, Британская энциклопедия, Энциклопедия Брокгауза), существуют специальные энциклопедии, например, Математическая, Физическая, Медицинская энциклопедии.

энциклопедический / encyclopedic // enzyklopädisch: всесторонний, универсальный, например, «энциклопедически образованный человек». «Энциклопедический словарь» / encyclopedia // Lexikon n : сильно сокращённый вариант энциклопедии, в котором число статей и их размер существенно

меньше, чем в энциклопедии.

эпиде́мия / epidemic // Epidemie f : массовое заболевание, ускоренно распространяющееся до определённого уровня заболеваемости и затем затухающее. В теории *случайных процессов* существует раздел, исследующий математические модели распространения эпидемий.

эпиморфи́зм / epimorphism // Epimorphismus m : в алгебре: *морфизм* $\pi: A \rightarrow B$ категории $\mathcal{K}$ называется эпиморфизмом, если из равенства $\pi\alpha = \pi\beta$ следует равенство $\alpha = \beta$, где α и β — любые морфизмы, допускающие композицию с морфизмом π . В категориях множеств, векторных пространств, групп — эпиморфизмы суть, соответственно, отображения, линейные преобразования, гомоморфизмы.

эпице́нтр / epicenter // Epizentrum n : см. *землетрясение*.

эпициклóида / epicycloid // Epizykloide f : см. *циклоида*.

э́псилон-сеть, ε -сеть / epsilon-net, ε -net // ε -Netz n , epsilon-Netz n : в *метрическом пространстве* X : множество $E \subset X$ называется ε -сетью для множества $M \subset X$, если любая точка $x \in M$ находится в ε -окрестности какой-нибудь точки $e \in E$, т.е. $\rho(x - e) < \varepsilon$.

Эратосфе́н (Eratosthenes, около 276–194 гг. до н.э.): древнегреческий учёный. Труды по математике (в теории чисел: *решето Эратосфена*), астрономии (каталог 675 звёзд, измерение наклона *эклиптики*), филологии, философии, музыке. Заложил основы геодезии, измерил радиус Земли с точностью 15%.

эрг / erg // Erg n : единица работы и энергии в системе СГС. 1 эрг равен работе, совершаемой силой в 1 дину при перемещении точки приложения силы на расстояние 1 см в направлении действия силы. 1 эрг = 10^{-7} *джоуля* (Дж).

эргоди́ческая гипóтеза / ergodic hypothesis // Ergodenhypothese f : в *статистической физике* — предположение, что средние по времени значения физических величин, характеризующих систему, равны их средним статистическим значениям (средним по ансамблю тождественных систем). Более точно, в классической статистической физике эргодическая гипотеза есть предположение о том, что средние по времени от функций фазовых переменных (т.е. функций, зависящих от координат и импульсов всех частиц системы), взятые по траектории точки, изображающей состояние системы в *фазовом пространстве*, равны средним статистическим значениям по распределению фазовых точек в тонком (в пределе бесконечно тонком) слое фазового пространства вблизи поверхности постоянной энергии. В квантовой статистической физике эргодическая гипотеза есть предположение о том, что все *квантовые состояния* в тонком слое вблизи поверхности постоянной энергии равновероятны. Эргодическая гипотеза необходима для обоснования статистической физики. Математическая *эргодическая*

теория изучает условия, при которых для динамических систем выполняется эргодическая гипотеза. Доказательство того, что реальные физические системы являются эргодическими, т.е. что для них справедлива эргодическая гипотеза, — очень сложная и пока не решённая проблема.

эргодическая теорема Биркгофа / Birkhoff ergodic theorem // Birkhoffscher Ergodensatz, Ergodensatz *m* von Birkhoff: в теории *динамических систем* — утверждение о совпадении среднего по времени вдоль траектории и среднего по фазовому пространству. Именно, пусть μ — мера на фазовом пространстве W , S_t — поток на W , сохраняющий меру, т.е. $\mu(S_t A) = \mu(A)$, где $A \subset W$, и $f(w)$ — непрерывная функция. Тогда для почти всех $w \in W$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(S_t w) dt = \frac{1}{\mu(W)} \int_W f d\mu.$$

Другая формулировка: для всякого измеримого множества A среднее время пребывания в A траектории почти каждой точки пропорционально $\mu(A)$. Известны и другие эргодические теоремы.

эргодическая теория / ergodic theory // Ergodentheorie f : раздел теории *динамических систем*, изучающий системы с *инвариантной мерой*. Эргодическая теория возникла первоначально в статистической механике при изучении вероятностных распределений на фазовом пространстве и в дальнейшем развивалась как самостоятельная математическая теория. Имеются приложения в математической статистике, статистической физике, теории вероятностей, теории информации, теории чисел.

эргодичность / ergodicity // Ergodizität f : понятие из теории *динамических систем*, означающее связь среднего по времени и среднего по пространству, см. *эргодическая теорема Биркгофа*. В *статистической физике* и *математической статистике* также изучаются вопросы, связанные с эргодичностью.

Эрмит (Charles Hermite, 1822–1901): французский математик. Значительный вклад в математический анализ (*полиномы Эрмита*, дифференциальное уравнение Эрмита), алгебру (*эрмитовы матрицы*), теорию чисел (доказательство трансцендентности числа e).

эрмитова матрица, эрмитовская матрица / Hermitian matrix // hermitesche Matrix: квадратная *матрица* A (вообще говоря, с комплексными элементами), равная своей *эрмитово-сопряжённой*: $A^* = A$. Всякая симметричная матрица с вещественными элементами является эрмитовой.

эрмитов оператор: см. *самосопряжённый оператор*.

эрмитово-сопряжённая матрица / Hermitian conjugate matrix // hermitesch konjugierte Matrix: квадратная *матрица* B размеров $n \times n$ называется эрмитово-сопряжённой (или сопряжённой по Эрмиту) по отношению к $n \times n$ матрице A , если $a_{jk} = \bar{b}_{kj}$ для всех $j, k = 1, \dots, n$. Обозначение

эрмитово-сопряжённой матрицы: $B = A^*$. Например,

$$\begin{pmatrix} 1+i & i \\ 3-i & 0 \end{pmatrix}^* = \begin{pmatrix} 1-i & 3+i \\ -i & 0 \end{pmatrix}.$$

Э́рстед Ханс Кристиан (Hans Christian Ørsted, 1777–1851): датский физик. Работы посвящены электричеству, акустике, молекулярной физике. Открыл в 1820 году действие электрического тока на магнитную стрелку, что привело к возникновению новой области физики — электромагнетизма. Идея о взаимосвязи между различными явлениями природы вообще характерна для научного творчества Эрстеда — он одним из первых высказал мысль, что свет представляет собой электромагнитное явление.

эрстéд, сокр. Э / oersted [сокр: Oe] // Ørsted *n*, Oersted *n* [сокр: Oe]: единица напряжённости магнитного поля в системе СГС. Названа в честь датского физика Х. *Эрстеда*. 1 Э равен напряжённости магнитного поля, индукция которого в вакууме равна 1 гауссу (Гс); $1 \text{ Э} = (1/4\pi) \cdot 10^3 \text{ А/м}$.

эталóн / standard, etalon [в оптике] // Normalmaß *n*, Eichmaß *n*: образец, стандарт. «Эталон длины» / gauge, standard of length // Streckenabtrager *m*, Streckenübertrager *m*, Eichmaß *n*.

эфíр / ether // Äther *m*, Weltäther *m*: в физике долгое время существовало представление о мировом или световом эфире как некой гипотетической всепроникающей среде, в которой происходит распространение света. Первоначально эфир понимали как механическую среду, подобную упругому телу, и распространение света в эфире уподоблялось распространению звука в упругой среде. Гипотеза механического эфира встретила с большими трудностями. В частности, из-за поперечности световых волн эфир приходилось наделять свойствами твёрдого тела, но в то же время эфир не оказывал никакого сопротивления движению небесных тел. Проблема эфира в современной физике полностью снята в результате создания *теории относительности* — физической теории пространства и времени, в которой окончательно установлено, что в гипотезе эфира нет никакой необходимости. Вводимое в современной физике представление о физическом вакууме, который наделяется некоторыми свойствами обычной материальной среды, не имеет никакого отношения к эфиру уже потому, что электромагнитное поле является самостоятельным физическим объектом, для которого не требуется какого-бы то ни было специального носителя.

эффéкт / effect // Effekt *m*: в физике — то же, что *явление*.

эрстéд, сокр. Э / oersted [сокр: Oe] // Ørsted *n*, Oersted *n* [сокр: Oe]: единица напряжённости магнитного поля в системе СГС. Названа в честь датского физика Х. *Эрстеда*. 1 Э равен напряжённости магнитного поля, индукция которого в вакууме равна 1 гауссу (Гс); $1 \text{ Э} = (1/4\pi) \cdot 10^3$

А/м.

эффе́кт Дžoуля – То́мсона / Joule – Thomson effect, Joule – Kelvin effect // Joule–Thomson-Effekt *m*: обнаружен и описан в 1852–1862 годах английскими учёными Дж. Джоулем (James Prescott Joule, 1818–1889) и У. Томсоном (William Thomson, Lord Kelvin, 1824–1907). Эффект заключается в изменении температуры газа в результате адиабатического дросселирования, т.е. медленного протекания газа под действием постоянного перепада давления сквозь дроссель — местное препятствие газовому потоку, например, пористую перегородку или пробку из ваты. Согласно молекулярно-кинетической теории, эффект Джоуля – Томсона свидетельствует о наличии в газе сил межмолекулярного взаимодействия. При взаимном притяжении молекул внутренняя энергия газа U включает в себя как кинетическую энергию хаотического теплового движения молекул, так и потенциальную энергию их взаимодействия. Расширение газа приводит к росту потенциальной энергии взаимодействия молекул, поскольку расстояния между молекулами увеличиваются. Если принять, что при дросселировании газа в отсутствие теплообмена его внутренняя энергия U не изменяется, то рост потенциальной энергии будет происходить за счёт кинетической энергии молекул, что должно привести к понижению температуры. При описании реального процесса нужно принять во внимание работу, совершаемую газом, и работу сил внешнего давления, благодаря которым поддерживается стационарность потока газа. В результате оказывается, что при адиабатическом дросселировании сохраняется *энтальпия* газа $U + pV$ (а не внутренняя энергия U). В зависимости от условий дросселирования газ может как охлаждаться, так и нагреваться. Температура T_i , при которой (для данного перепада давлений) разность температур ΔT до и после пористой перегородки меняет знак, называется температурой инверсии эффекта Джоуля – Томсона. При больших перепадах давления на дросселе температура газа может изменяться значительно. Например, при дросселировании от 200 атм до 1 атм и начальной температуре 17°C воздух охлаждается на 35°C. Этот эффект лежит в основе многих технических способов получения низких температур и сжижения газов.

эффе́кт До́плера, Доплер-эффект / Doppler effect // Doppler-Effekt *m*: впервые (1842 г.) описанное австрийским физиком К. Доплером (Christian Doppler, 1803–1853) явление изменения частоты колебаний ω или длины волны λ , воспринимаемых приёмником, в случае взаимного сближения или удаления источника волн и приёмника. Пусть v_0 — скорость волн относительно среды, v_s — проекция скорости источника относительно среды на направление от источника к приёмнику, v_r — проекция скорости приёмника на то же направление. Тогда частота ω_r принимаемых колебаний выражается через частоту ω_s испускаемых источником колебаний следующей

формулой:

$$\omega_r = \omega_s \frac{v_0 - v_r}{v_0 - v_s}. \quad (1)$$

В частности, частота принимаемых колебаний меньше частоты источника ($\omega_r < \omega_s$), когда приёмник удаляется от неподвижного источника ($v_r > 0$, $v_s = 0$) и когда источник удаляется от неподвижного приёмника ($v_r = 0$, $v_s < 0$). Напротив, частота повышается ($\omega_r > \omega_s$), когда источник приближается к неподвижному приёмнику ($v_r = 0$, $v_s > 0$) либо приёмник приближается к неподвижному источнику ($v_r < 0$, $v_s = 0$). Как видно из формулы (1), имеется определённая асимметрия эффекта Доплера по отношению к случаям движения источника либо приёмника относительно среды.

Если скорость источника (при неподвижном приёмнике) либо скорость приёмника (при неподвижном источнике) превышает скорость волн в среде, формула (1) даёт для частоты принимаемых колебаний отрицательное значение. Это значит, что в таких случаях приёмник воспринимает колебания в обращённой во времени последовательности: колебания, испущенные в более поздние моменты времени, достигают приёмника быстрее, чем колебания, испущенные раньше.

Если скорости источника и приёмника малы по сравнению со скоростью волн, формула (1) принимает следующий вид:

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = -\frac{\Delta v}{v_0}, \quad (2)$$

В этом случае сдвиг частоты принимаемых колебаний $\Delta\omega = \omega_r - \omega_s$ зависит только от относительной скорости приёмника и источника $\Delta v = v_r - v_s$, а не от скоростей приёмника и источника относительно среды. Для электромагнитных волн в вакууме понятие скорости волн относительно среды теряет смысл, т.е. эффект Доплера в этом случае определяется лишь относительным движением источника и приёмника. Сдвиг частоты при $\Delta v \ll c$ (т.е. когда относительная скорость мала по сравнению со скоростью света c) также даётся формулой (2). Однако для движений со скоростями, близкими к скорости света, формула для сдвига частоты усложняется, так как, в соответствии с *теорией относительности*, в этом случае необходимо учитывать релятивистский эффект преобразования промежутков времени при переходе от одной системы отсчёта к другой.

Как видно из формулы (2), относительный сдвиг частоты $\Delta\omega/\omega < 0$ при $\Delta v > 0$, т.е. частота принимаемых колебаний меньше частоты источника при их взаимном удалении («красное» смещение), и наоборот, при сближении источника и приёмника частота принимаемых колебаний

выше частоты источника. Эффектом Доплера объясняется, в частности, космологическое *красное смещение* спектральных линий, наблюдаемое в излучении далёких галактик и квазаров. Такое красное смещение интерпретируется как следствие расширения Вселенной, т.е. как следствие взаимного удаления галактик друг от друга.

эффе́кт Зе́емана / Zeeman effect // Zeeman-Effekt *m*: открытое в 1896 году голландским физиком П. Зееманом (Pieter Zeeman, 1865–1943, Нобелевский лауреат, 1902) явление расщепления *уровней энергии* и спектральных линий в сильном магнитном поле. Под действием магнитного поля уровни энергии атомов и ионов расщепляются на несколько подуровней и вместо одной спектральной линии появляется несколько поляризованных компонент. Для одиночных спектральных линий при наблюдении в направлении, перпендикулярном магнитному полю $\vec{H}$, наблюдается зеемановский триплет — несмещённая относительно первичной линии π -компонента, поляризованная линейно так, что вектор $\vec{E}$ ориентирован вдоль магнитного поля $\vec{H}$, и две симметрично расположенные по обе стороны от неё σ -компоненты, поляризованные линейно поперёк магнитного поля $\vec{H}$. Величина расщепления пропорциональна напряжённости магнитного поля H . При наблюдении вдоль магнитного поля несмещённая компонента отсутствует, а две симметричные σ -компоненты поляризованы по кругу. Это так называемый простой (или нормальный) эффект Зеемана. Для дублетов и мультиплетов наблюдается сложная картина расщепления в магнитном поле: появляется несколько равноотстоящих одна от другой π -компонент и две симметричные относительно них группы σ -компонент — сложный (или аномальный) эффект Зеемана.

Эффект Зеемана обусловлен наличием у *электронной оболочки* атома магнитного момента $\vec{\mu}$, связанного с моментом импульса. Проекция момента импульса на направление магнитного поля может принимать лишь определённые дискретные значения, число которых равно степени вырождения уровня энергии. Каждому значению проекции μ_H на направление $\vec{H}$ соответствует дополнительная энергия $\Delta E = -\mu_H H$, что приводит к снятию вырождения уровня и расщеплению линии в оптическом спектре атома. Между зеемановскими подуровнями, соответствующими одному уровню энергии, также возможны *квантовые переходы*, частота которых $\omega = \Delta E/\hbar$ обычно лежит в СВЧ-диапазоне электромагнитного спектра. Поэтому в парамагнитных веществах, помещённых в магнитное поле, возможно избирательное поглощение высокочастотного электромагнитного поля — *электронный парамагнитный резонанс*.

эффе́ктивная ма́сса / effective mass // effektive Masse, wirksame Masse: величина, имеющая размерность массы, вводимая для характеристики динамических свойств *квазичастиц*. Например, движение электрона проводимости в кристалле под действием внешней силы и сил, действующих на этот электрон со стороны кристаллического поля, в ряде случаев можно рассматривать

как движение свободного электрона, на который действует только внешняя сила, а учёт действия кристаллического поля сводится к тому, что в уравнении движения (в законе Ньютона) масса свободного электрона m должна быть заменена на эффективную массу m^* . При этом зависимость энергии электрона от его импульса (точнее, от квазиимпульса) также выражается через эффективную массу: $E(p) = p^2/2m^*$. В простейших случаях эффективная масса представляет собой скаляр, но в общем случае зависимость энергии от импульса для электрона в зоне проводимости анизотропна, а соответствующая эффективная масса представляет собой *тензор* второго ранга: $E(\vec{p}) = \frac{1}{2} \sum_{i,k} \left(\frac{1}{m^*}\right)_{ik} p_i p_k$. В некоторых случаях эффективная масса электрона оказывается отрицательной (например, в случае валентной зоны полупроводника); в таких случаях вместо электронов удобнее использовать представления о положительно заряженных квазичастицах — *дырках* с положительной эффективной массой. Наиболее прямой экспериментальный метод измерения эффективных масс электронов и дырок в кристаллах — *циклотронный резонанс*.

эффе́кт Ко́мптона / Compton effect // Compton-Effekt m : открытое американским физиком А. Комптоном (Arthur Holly Compton, 1892–1962, Нобелевский лауреат, 1927) явление упругого рассеяния электромагнитного излучения на свободных (или слабо связанных) электронах, сопровождающееся увеличением длины волны; наблюдается при рассеянии излучения малых длин волн — рентгеновского и гамма-излучения. Согласно классическим представлениям, длина световой волны λ при рассеянии не должна изменяться, так как под действием электрического поля световой волны электрон совершает вынужденные колебания с частотой поля ω и поэтому излучает вторичные (рассеянные) волны той же частоты. В эффекте Комптона проявляются корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Каждый *фотон* имеет определённые энергию $E = \hbar\omega$ и импульс $\vec{p} = \hbar\vec{k}$, где $\vec{k}$ — волновой вектор ($k = 2\pi/\lambda$). В каждом акте упругого столкновения фотона (гамма-кванта) с электроном должны выполняться законы сохранения энергии и импульса. Совместное решение уравнений, выражающих эти законы, даёт для сдвига длины волны $\Delta\lambda$ рассеянного фотона формулу Комптона: $\Delta\lambda = \lambda_0(1 - \cos\vartheta)$, где $\lambda_0 = h/(m_e c) = 2,426 \cdot 10^{-12}$ м — так называемая комптоновская длина волны электрона (здесь m_e — масса электрона, c — скорость света), ϑ — угол, на который происходит рассеяние фотона. Комптоновское рассеяние широко используется в исследованиях гамма-излучения атомных ядер и лежит в основе принципа действия некоторых гамма-спектрометров.

эффе́кт Мессба́уэра, эффект Мёссбауэра / Mössbauer effect // Mößbauer-Effekt m : испускание или поглощение гамма-квантов атомными ядрами,

связанными в кристалле, не сопровождающееся испусканием или поглощением фононов — квантов колебаний кристаллической решетки. Эффект открыт в 1958 г. немецким физиком Р. Мёссбауэром (Rudolf Ludwig Mössbauer, р. 1929, Нобелевский лауреат, 1961). Соответствующие таким гамма-переходам спектральные линии имеют очень малую (естественную) ширину. Когда испускание или поглощение гамма-кванта ядром атома происходит без участия фононов (колебаний кристаллической решетки), импульс испущенного или поглощенного гамма-кванта воспринимается всем кристаллом, и соответствующая энергия отдачи пренебрежимо мала. Это значит, что спектральные линии испускания и поглощения гамма-квантов практически совпадают. Малая ширина резонансных линий позволяет использовать эффект Мёссбауэра для измерения небольших сдвигов энергии гамма-квантов, вызванных теми или иными воздействиями на ядро или гамма-квант. Источнику гамма-излучения сообщается небольшая скорость относительно поглотителя. Скорость около $0,1 - 1,0$ см/с приводит к смещению линии благодаря *эффекту Доплера* на величину порядка естественной ширины спектральной линии. Измеряя зависимость резонансного поглощения гамма-квантов от скорости источника, можно определить сдвиг частоты из-за внешнего воздействия по величине скорости, при которой этот сдвиг компенсируется эффектом Доплера.

эффёкт Пельтье / Peltier effect // Peltier-Effekt *m*: открытое в 1834 году французским физиком Ж. Пельтье (Jean Peltier, 1785–1845) явление выделения или поглощения теплоты при прохождении электрического тока через контакт двух различных проводников. Выделение теплоты сменяется поглощением при изменении направления тока на противоположное. Эффект Пельтье объясняется тем, что средняя энергия носителей тока зависит от структуры их энергетических уровней, концентрации носителей и механизмов их рассеяния, и потому различна в разных проводниках. При переходе из одного проводника в другой электроны либо передают избыточную энергию атомам кристаллической решётки, либо пополняют недостающую энергию за их счёт. В первом случае вблизи контакта происходит выделение теплоты, во втором — поглощение. Эффект Пельтье используется для охлаждения в холодильных установках и в некоторых электронных приборах.

эффёкт Холла / Hall effect // Hall-Effekt *m*: открытое в 1879 году американским физиком Э. Холлом (Edwin Herbert Hall, 1855–1938) явление, состоящее в том, что в твёрдом проводнике с током, помещённом в магнитное поле, появляется электрическое поле, перпендикулярное к магнитному полю и к направлению тока. Напряжённость E_H этого электрического поля (поля Холла) пропорциональна плотности тока j и напряжённости магнитного поля H : $E_H = RHj \sin \alpha$. Здесь α — угол между векторами

$\vec{H}$ и $\vec{j}$. Коэффициент пропорциональности R называется постоянной Холла. Эффект Холла объясняется взаимодействием движущихся квазичастиц — носителей заряда (электронов проводимости и дырок) с приложенным к образцу магнитным полем. В магнитном поле на движущиеся заряженные частицы действует *сила Лоренца* $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{H}$ (СИ), где q — заряд частицы, $\vec{v} = \vec{j}/(qn)$ — скорость направленного движения носителей, n — их концентрация. Под действием силы Лоренца частицы отклоняются в направлении, перпендикулярном $\vec{H}$ и $\vec{j}$. В результате на боковых гранях проводника накапливаются заряды, которые и создают поле Холла. Силы этого поля уравнивают силу Лоренца: $qE_H = qvH$, откуда для постоянной Холла получаем $R = 1/(qn)$. Знак R совпадает со знаком заряда преобладающих носителей. Эффект Холла используется для определения знака и концентрации носителей заряда, а также для измерения напряжённости магнитного поля.

эффе́кт Черенко́ва, эффект Черенкова–Вавилова / Cherenkov effect // Tscherenkow-Effekt *m*: излучение света, возникающее при движении в веществе заряженных частиц со скоростью, превышающей *фазовую скорость* света в этом веществе. Обнаружено в 1934 г. П. Черенковым под руководством Сергея Ивановича Вавилова (1891–1951). Механизм излучения Черенкова–Вавилова был выяснен Игорем Евгеньевичем Таммом (1895–1971) и Ильёй Михайловичем Франком (1908–1990), создавшими в 1937 году количественную теорию эффекта, основанную на уравнениях классической электродинамики. Возможно провести аналогию между возникновением ударной акустической волны при движении тела в среде со сверхзвуковой скоростью (см. *конус Маха*) и черенковским излучением при движении частицы со сверхсветовой скоростью.

Условия возникновения и направленность черенковского излучения можно объяснить на основе *принципа Гюйгенса*. Каждую точку траектории заряженной частицы можно считать источником сферической световой волны, возникающей в момент прохождения частицы через эту точку. В среде с *показателем преломления* n такие волны распространяются со скоростью c/n , меньшей скорости света в вакууме c . Эти волны в результате *интерференции* гасят друг друга всюду за исключением их общей огибающей, которой соответствует фронт результирующей световой волны, распространяющейся в среде. Когда частица движется со скоростью $v > c/n$, эта огибающая представляет собой движущийся конус, вершина которого совпадает с мгновенным положением частицы. Направление распространения черенковского излучения даётся нормалью к образующей этого конуса. Угол θ , который направление распространения света составляет с направлением движения частицы, определяется соотношением: $\cos \theta = c/(nv)$. Условие $v > c/n$, при котором возникает черенковское излучение,

в жидкостях и твёрдых телах выполняется для электронов, когда их энергия превышает примерно 100 кэВ. На основе излучения Черенкова–Вавилова разработаны экспериментальные методы для регистрации частиц высоких энергий и измерения их скорости.

эффе́кт Шта́рка / Stark effect // Stark-Effekt *m*: открытое в 1913 году немецким физиком Й. Штарком (Johannes Stark, 1874–1957, Нобелевский лауреат, 1919) явление расщепления *спектральных линий* атомов, молекул и других квантовых систем в электрическом поле. Эффектом Штарка называют также сдвиг и расщепление *уровней энергии* атомов под действием электрического поля. Атом, находящийся в *квантовом состоянии* с определённой энергией $\mathcal{E}$, при помещении во внешнее электрическое поле E приобретает дополнительную энергию $\Delta\mathcal{E}$, так как во внешнем поле его электронная оболочка поляризуется и приобретает индуцированный *дипольный момент*. Невырожденный уровень энергии атома, которому соответствует только одно возможное состояние, характеризуется энергией $\mathcal{E} + \Delta\mathcal{E}$, т.е. он просто смещается. В случае вырожденного энергетического уровня атом может приобретать разные дополнительные значения энергии $\Delta\mathcal{E}_n$ в зависимости от того, в каком из возможных квантовых состояний с данной энергией $\mathcal{E}$ он находится. В результате вырожденный уровень расщепляется на штарковские подуровни, число которых равно числу различных значений $\Delta\mathcal{E}_n$.

Различают линейный и квадратичный эффект Штарка. В первом случае дополнительная энергия $\Delta\mathcal{E}_n$ пропорциональна E и картина расщепления симметрична относительно исходной спектральной линии; во втором случае энергия $\Delta\mathcal{E}_n$ пропорциональна E^2 , и картина расщепления несимметрична. Линейный эффект Штарка наблюдается у атома водорода H (и у водородоподобных атомов) в не слишком сильных полях; уровень энергии H с главным квантовым числом n симметрично расщепляется на $2n - 1$ равноотстоящих подуровней. При наблюдении в направлении, перпендикулярном $\vec{E}$, наблюдаются линейно поляризованные вдоль поля π -компоненты и поперечно поляризованные σ -компоненты. При наблюдении вдоль поля $\vec{E}$ π -компоненты не появляются, а на месте σ -компонент возникают неполяризованные линии. Для многоэлектронных атомов типичен квадратичный эффект Штарка.

эффе́кт Эйнште́йна–Де Га́аза / Einstein-de Haas Effect // Einstein-de Haas-effekt *m*: открытое А. Эйнштейном и голландским физиком Де Гаазом (Wander Johannes de Haas, 1878–1960) явление, состоящее в том, что ферромагнитное тело при намагничивании вдоль некоторой оси приобретает вдоль этой оси *момент импульса*, пропорциональный *намагниченности* тела. Явление доказывает наличие взаимосвязи между магнитным и механическим моментами микрочастиц — элементарных носителей магнетизма (электронов).

эффузия / effusion // Effusion f : медленное истечение газов через малые отверстия. Если диаметр отверстия мал по сравнению со средней длиной свободного пробега молекул газа (давление газа в сосуде очень мало), истечение имеет молекулярный характер, при котором столкновения молекул не играют роли. Если же средняя длина свободного пробега меньше диаметра отверстия (достаточно высокое давление в сосуде), истечение газа происходит по законам гидродинамики, т.е. молекулы движутся упорядоченно и газ вытекает из отверстия в виде струи.

эхо / echo // Echo n : волна, отражённая от какого-либо препятствия и принятая наблюдателем. Акустическое эхо различимо на слух, если посланный и принятый импульсы разделены интервалом времени не менее 50 мкс. Эхо становится многократным, если имеется несколько отражающих поверхностей. В замкнутых объёмах отдельные многочисленные отраженные импульсы сливаются в один продолжительный звук, называемый реверберацией. Эхо можно использовать для измерения расстояния l от источника сигнала до отражающего объекта: $l = c\tau/2$, где c — скорость распространения волн в среде, τ — интервал времени между отправлением импульса и возвращением отражённого объектом импульса. На этом принципе основано применение эхо-сигналов в гидролокации и навигации. Эхо-методы применяются в ультразвуковой дефектоскопии. Акустическое эхо используется некоторыми животными (дельфинами, летучими мышами) как средство ориентировки в пространстве и для поиска добычи.

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Ю

Юпитер / Jupiter // Jupiter m : самая крупная планета *Солнечной системы*. Средняя удалённость от Солнца 778 млн. км, период обращения вокруг Солнца 11 лет и 315 дней, вокруг своей оси 9 час. 55 мин. Экваториальный диаметр 143 000 км, масса в 318 раз больше массы *Земли*, средняя плотность 1,34 г/см³, средняя температура поверхности –135°С. У Юпитера известно 63 спутника (2008 г.), из них 4 самых крупных (Ио, Европа, Ганимед, Каллисто) были открыты *Галилеем* в 1610 году. Имеются кольца, см. также *Сатурн*, *Нептун*, *Уран*.

юстировка / adjustment // Justierung f : совокупность операций, с помощью которых прибор или какое-либо средство измерений приводят в состояние, обеспечивающее правильное функционирование. Юстировка оптических систем заключается в регулировании взаимного расположения

оптических деталей (линз, призм, зеркал и т.п.) с целью их центрирования и обеспечения высокого качества формируемого изображения. В оптических инструментах обычно предусматриваются устройства, с помощью которых можно регулировать положение оптических деталей. В отношении механизмов вместо термина «юстировка» чаще применяют термин «регулировка».

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Я

явлéние / phenomenon, effect // Erscheinung f , Phänomen n , Vorgang m : физическое явление, эффект — объективный процесс, происходящий в физической системе, принципиально доступный экспериментальному наблюдению.

явлéние Гйббса / Gibbs phenomenon // Gibbssche Erscheinung: в теории *рядов Фурье*: специфическое поведение частных сумм ряда Фурье в окрестности точек *разрыва* функции. Именно, пусть x_0 — точка *скачка* периодической функции $f(x)$, причём $a = f(x_0 - 0)$, $b = f(x_0 + 0)$, $a < b$, тогда графики частных сумм ряда Фурье этой функции в окрестности точки x_0 приближаются при $n \rightarrow \infty$ не к отрезку $[a, b]$ оси ординат, а к большему отрезку $[A, B] \supset [a, b]$. Например, если $f(x) = (\pi - x)/2$ при $0 < x < 2\pi$, то $x_0 = 0$, $[a, b] = [-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}]$, $[A, B] = [-c, c]$, где $c = \int_0^{\pi} \frac{\sin x}{x} dx \approx 1,85 > \frac{\pi}{2}$. На рисунке показан график периодически продолженной функции (период 2π) в окрестности точки разрыва $x = 0$, и график суммы $s_{20}(x)$ первых 20 слагаемых ряда. При увеличении числа слагаемых наибольшее значение $s_n(x)$ приближается к $c > \pi/2$, хотя предел функции справа равен $\pi/2$.

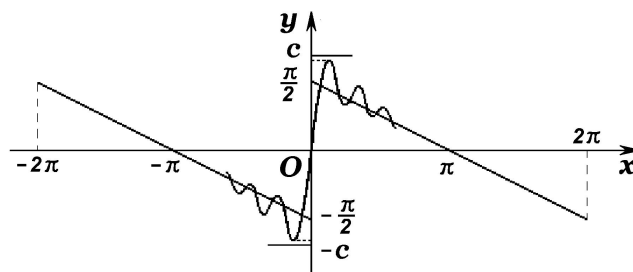


Рис. 213: Явление Гиббса

явная функция / explicit function // explizit definierte Funktion: функция, значения которой вычисляются непосредственно по формуле вида $y = y(x)$, в отличие от *неявной функции*.

ядерная материя / nuclear matter // Kernmaterie *f*: гипотетическая пространственно однородная безграничная система *нуклонов*, находящаяся в состоянии устойчивого равновесия. Ядерная материя — это теоретическая идеализация, применимая с определёнными ограничениями к ядрам с очень большим числом нуклонов и в большей степени к космическим телам, плотность которых близка к плотности атомных ядер, например, к нейтронным звёздам.

ядерная физика / nuclear physics // Kernphysik *f*: раздел физики, посвящённый изучению структуры атомного ядра, процессов радиоактивного распада (см. *радиоактивность*) и механизма *ядерных реакций*. В современной ядерной физике структуру атомного ядра исследуют с помощью частиц высоких энергий, получаемых с помощью ускорителей, а фундаментальные свойства *элементарных частиц* изучают при исследованиях радиоактивных распадов ядер. Обширная область ядерной физики — нейтронная физика, охватывающая исследования взаимодействий медленных нейтронов с веществом и ядерные реакции, происходящие под действием нейтронов.

Экспериментальные средства ядерной физики разнообразны и включают в себя сложные технические устройства, такие как *ускорители заряженных частиц*, *ядерные реакторы*, разнообразные детекторы частиц. Центральная проблема теоретической ядерной физики — квантовая задача многих тел, сильно взаимодействующих друг с другом. Разнообразны практические приложения ядерной физики — от ядерного оружия и ядерной энергетики до диагностики и терапии в медицине.

ядерная энергия / nuclear energie // Kernenergie *f*, Atomkernenergie *f*: внутренняя энергия атомного ядра, высвобождающаяся при ядерных превращениях. Энергией связи ядра называется энергия, которая необходима для разделения ядра на составляющие его *нуклоны*. Это максимальная энергия, которая может выделяться при образовании ядра из отдельных нуклонов. Из-за короткодействующего характера ядерных сил каждый нуклон в ядре сильно взаимодействует лишь с небольшим числом соседних нуклонов. У лёгких ядер удельная энергия связи (т.е. энергия связи, приходящаяся на один нуклон) растёт с увеличением массового числа A (числа нуклонов в ядре); у тяжёлых ядер удельная энергия связи, напротив, убывает с увеличением A из-за возрастающей роли кулоновского отталкивания протонов. Максимум удельной энергии связи приходится на $A = 56$ (железо). Поэтому выделение ядерной энергии происходит при реакциях синтеза лёгких ядер из легчайших ядер и при реакциях деления тяжёлых ядер.

Реакции ядерного синтеза (см. *термоядерные реакции*) из-за наличия кулоновского барьера (т.е. электростатического отталкивания ядер на больших расстояниях) могут происходить лишь при достаточно больших энергиях исходных частиц, т.е. при очень высоких температурах. Такие реакции с образованием ${}^4\text{He}$ протекают в недрах звёзд и служат источником звёздной энергии. В земных условиях осуществление ядерной реакции управляемого термоядерного синтеза в промышленных масштабах могло бы решить для человечества энергетическую проблему.

ядерные ре́акции / nuclear reactions // nuklearen Reaktionen *pl*: превращения атомных ядер при взаимодействии с частицами, гамма-квантами или друг с другом. Для осуществления ядерной реакции необходимо сближение частиц (двух ядер, ядра и нуклона) на расстояние порядка 10^{-13} см. В случае положительно заряженных налетающих частиц их энергия должна быть достаточна для преодоления кулоновского потенциального барьера ядра, и ядерные реакции осуществляются, как правило, бомбардировкой мишени пучком ускоренных заряженных частиц. Для отрицательно заряженных и нейтральных частиц кулоновский барьер отсутствует, и ядерные реакции могут протекать и при тепловых энергиях налетающих частиц.

Ядерные реакции представляют собой основной метод изучения структуры ядра и его свойств. Ядерные реакции могут протекать с поглощением или выделением энергии, которая примерно в 10^6 раз превышает энергию, поглощаемую или выделяемую при химических реакциях. Энергетический выход ядерных реакций определяется изменением суммы масс покоя продуктов реакции по сравнению с суммой масс частиц, вступающих в реакцию. См. также *цепные реакции*.

ядерные си́лы / nuclear forces // Kernkräfte *pl*: силы, связывающие нуклоны (т.е. протоны и нейтроны) в атомном ядре. Ядерные силы представляют собой одно из проявлений *сильного взаимодействия*. Это короткодействующие силы: радиус их действия порядка $10^{-12} - 10^{-13}$ см. Поэтому в атомных явлениях и тем более явлениях макромира эти силы себя не проявляют: ядро атома ведет себя как пассивный носитель массы и электрического заряда.

ядерный взрыв / nuclear explosion // Kernexplosion *f*: взрыв, вызванный выделением внутриядерной энергии. Масса атомного ядра меньше суммы масс составляющих его нуклонов на величину ΔM , называемую *дефектом массы*. Дефект массы соответствует энергии связи E нуклонов в ядре: $E = \Delta M c^2$ (см. *ядерная энергия*). Удельная энергия связи E/A (т.е. энергия связи, приходящаяся на один нуклон) имеет максимум, который приходится на массовое число $A = 56$ (${}^{56}\text{Fe}$). Ядерные реакции, в результате которых образуются ядра с большой удельной энергией связи, сопровождаются выделением энергии. Такими реакциями могут быть реакция деления

тяжёлых ядер, приводящая к ядерному взрыву, или синтез лёгких ядер, приводящий к термоядерному взрыву. Для осуществления взрыва в результате *цепной реакции* деления необходимо, чтобы масса делящегося вещества (^{235}U , ^{239}Pu и др.) превысила так называемую критическую массу, зависящую от плотности вещества и его геометрической формы (для ^{235}U при сферической форме ядерного заряда критическая масса порядка 50 кг). В результате большого энергосвободения при ядерном взрыве, которое примерно в 10^7 раз больше, чем при взрыве такого же количества тротила, развиваются огромные температура и давление. При термоядерном взрыве энергосвободение на единицу массы вещества ещё примерно в 5 раз выше, чем при ядерном взрыве.

ядерный магнетон / nuclear magneton // Kernmagneton n : единица магнитного момента, принятая в ядерной физике. Ядерный магнетон определяется выражением, отличающимся от выражения для магнетона Бора заменой массы электрона m_e на массу протона M_p : $\beta_N = e\hbar/(2M_p c)$ = $5,051 \cdot 10^{-27}$ Дж/Тл.

ядерный магнитный резонанс [сокр: ЯМР] / nuclear magnetic resonance, NMR // magnetische Kernresonanz: один из методов радиоспектроскопии — избирательное поглощение электромагнитной энергии радиодиапазона в веществе, обусловленное ядерным *парамагнетизмом*. ЯМР наблюдается при помещении образца в сильное постоянное магнитное поле $\vec{H}_0$ и слабое переменное радиочастотное поле $\vec{H}_1$, направленное перпендикулярно к $\vec{H}_0$.

Классическое объяснение ЯМР состоит в следующем. Большинство атомных ядер обладают собственным *моментом импульса* и связанным с ним *магнитным моментом* $\vec{\mu} = g\beta_N \vec{I}$, где g — безразмерный множитель порядка нескольких единиц, зависящий от структуры ядра (ядерный g -фактор), $\beta_N = e\hbar/(2M_p c)$ — *ядерный магнетон*, $\vec{I}$ — ядерный спин, т.е. собственный момент импульса ядра, выраженный в единицах $\hbar$. В постоянном магнитном поле $\vec{H}_0$ на магнитный диполь ядра действует вращающий момент $\vec{\mu} \times \vec{H}_0$, под действием которого вектор $\vec{\mu}$ прецессирует вокруг направления $\vec{H}_0$ с угловой скоростью $\omega_0 = g\beta_N H_0/\hbar$. Переменное магнитное поле $\vec{H}_1$ можно разложить на два вращающихся, одно из которых вращается с угловой скоростью ω в том же направлении, в котором прецессирует вектор $\vec{\mu}$. Если медленно изменять (сканировать) частоту ω , то при приближении ω к ω_0 действие переменного поля на вектор $\vec{\mu}$ резонансно возрастает, и даже в слабом поле $\vec{H}_1$ проекция магнитного момента диполя на направление $\vec{H}_0$ изменяется, вызывая поглощение энергии высокочастотного поля $\vec{H}_1$.

С квантовомеханической точки зрения проекция спина ядра $\vec{I}$ и связанного

с ним магнитного момента ядра $\vec{\mu}$ в магнитном поле $\vec{H}_0$ может принимать $2I+1$ дискретных значений, т.е. соответствующий уровень энергии расщепляется на $2I + 1$ эквидистантных магнитных подуровней, отстоящих друг от друга на величину $g\beta H_0$ (*эффект Зеемана*). Резонансное поглощение возникает вследствие индуцированных высокочастотным магнитным полем $\vec{H}_1$ *квантовых переходов* ядер с нижних зеемановских уровней на вышележащие при выполнении условия $\hbar\omega = g\beta H_0$.

В конденсированных средах магнитные моменты ядер взаимодействуют между собой и с окружением. Положение, ширина и форма линий ЯМР в значительной мере зависят от этих взаимодействий, что позволяет использовать ЯМР как метод их экспериментального изучения. ЯМР получил многообразные применения в физических исследованиях, в химии, в технике, в биологии и медицине.

ядерный оператор / operator of trace class, nuclear operator // nuclear Operator: в классе $\mathcal{N}$ линейных *вполне непрерывных операторов* выделяют важный подкласс ядерных операторов. Пусть $A \in \mathcal{N}$ — *самосопряжённый оператор в гильбертовом пространстве H* , причём все *собственные значения* оператора A положительны, $\lambda_k > 0$, $k = 1, 2, \dots$. Оператор называется ядерным, если сходится ряд $\text{tr}_A = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k$; при этом tr_A называется следом оператора A . Примером ядерного оператора служит *интегральный оператор Фредгольма с непрерывным ядром*. Понятие ядерного оператора обобщается на несамосопряжённые операторы.

ядерный реактор / nuclear reactor // Atomreaktor *m*: устройство, в котором осуществляется управляемая ядерная *цепная реакция*, сопровождающаяся выделением энергии. Первый ядерный реактор был построен в 1942 г. в США под руководством Э. Ферми (Enrico Fermi, 1901–1954). Основными частями ядерного реактора являются: активная зона, где находится ядерное топливо и протекает цепная ядерная реакция деления с высвобождением *ядерной энергии*; отражатель нейтронов, окружающий активную зону; теплоноситель для охлаждения активной зоны и для отвода из неё выделяющейся энергии; система управления цепной реакцией; устройство радиационной защиты персонала и оборудования от облучения.

В качестве делящегося вещества в ядерных реакторах используют ^{235}U , ^{239}Pu , ^{233}U и др. Когда в активной зоне, кроме ядерного топлива, находится замедлитель нейтронов (графит, тяжёлая вода и другие вещества, содержащие лёгкие ядра), то основная часть делений ядер происходит под действием тепловых нейтронов. В ядерных реакторах на тепловых нейтронах может быть использован природный уран. Для уменьшения утечки нейтронов активной зоне придают форму близкую к сферической (куб или цилиндр с высотой порядка диаметра). Управление цепной

реакцией на тепловых нейтронах осуществляется обычно введением в активную зону стержней из вещества, сильно поглощающего нейтроны. В энергетических ядерных реакторах энергия, выделяющаяся при делении ядер, используется для выработки электроэнергии, теплофикации, в силовых установках на кораблях и т.д.

я́дра гала́ктик / galactic nuclei // galaktische Kerne: компактные массивные сгущения вещества в центральной области многих галактик. В ядрах галактик звёзды расположены с очень высокой пространственной плотностью. Несмотря на малые по сравнению со всей галактикой массу и размер, в некоторых ядрах протекают грандиозные по энерговыделению процессы. Основные проявления активности ядер галактик — мощное нетепловое излучение в диапазонах от метровых радиоволн до рентгеновского, бурные перемещения облаков газа со скоростями порядка нескольких тысяч км/с, выбросы плазменных струй и сгустков со скоростями, близкими к скорости света.

В астрофизике рассматривают несколько теоретических моделей ядер галактик, в том числе в виде массивных компактных звёздных скоплений, в которых происходит быстрая эволюция массивных звёзд, превращающихся в нейтронные звёзды и *чёрные дыры* с выделением значительной гравитационной энергии; в виде вращающихся магнитоплазменных тел с сильным магнитным полем, ускоряющим заряженные частицы до релятивистских скоростей за счёт кинетической энергии вращения тела; в виде сверхмассивных чёрных дыр или кратных систем чёрных дыр, на которые падает вещество из окружающего пространства с трансформацией гравитационной энергии в энергию излучения.

ядро́ а́тома: см. *атомное ядро*.

ядро́ интегрáльного уравне́ния / kernel of an integral equation // Kern einer Integralgleichung: см. *интегральное уравнение*.

ядро́ отображе́ния, ядро линейного оператора / null-space of a mapping // Nullraum eines Operators, Kern einer Abbildung: пусть A — линейный оператор в линейном пространстве X , отображающий свою область определения D_A в линейное пространство Y . Множество элементов $x \in D_A$, для которых $Ax = 0$, называется ядром оператора A . В частности, общее решение *однородной системы линейных алгебраических уравнений* $A\vec{x} = \vec{0}$ есть ядро *матрицы* A , рассматриваемой как оператор в пространстве столбцов $\mathbf{R}^n$. Пример: ядро матрицы системы уравнений $x + 2y + z = 0$, $2x - y + 2z = 0$ есть одномерное подпространство, натянутое на *вектор-столбец* $(1, 0, -1)^T$.

язы́к / language // Sprache f : система символов (звуков, графических знаков, жестов), при помощи которой люди обмениваются мыслями. «На каких языках Вы говорите?» / What languages do you speak? // Welche

Sprachen sprechen Sie? /// «Я говорю по-русски, по-английски и по-немецки» / I speak Russian, English, and German // Ich spreche russisch, englisch und deutsch.

язык программирования / programming language // Programmiersprache *f*: формальный язык, искусственно созданный для составления компьютерных программ. Языки программирования подразделяются, по степени близости к машинному языку, на языки низшего уровня (или машинно-ориентированные, типа Ассемблер) и на языки высшего уровня (или проблемно-ориентированные). Языки высшего уровня в соответствии с лежащей в их основе концепцией подразделяются на категории: процедурные (в частности, Фортран, Алгол, Кобол, Бейсик, Паскаль, Си, Модула-2), функциональные (Лисп, Лого), логические (Пролог) и объектно-ориентированные (Смолток, Ява). На данной схеме показана история развития я.п. с 1951 по 2000 год.

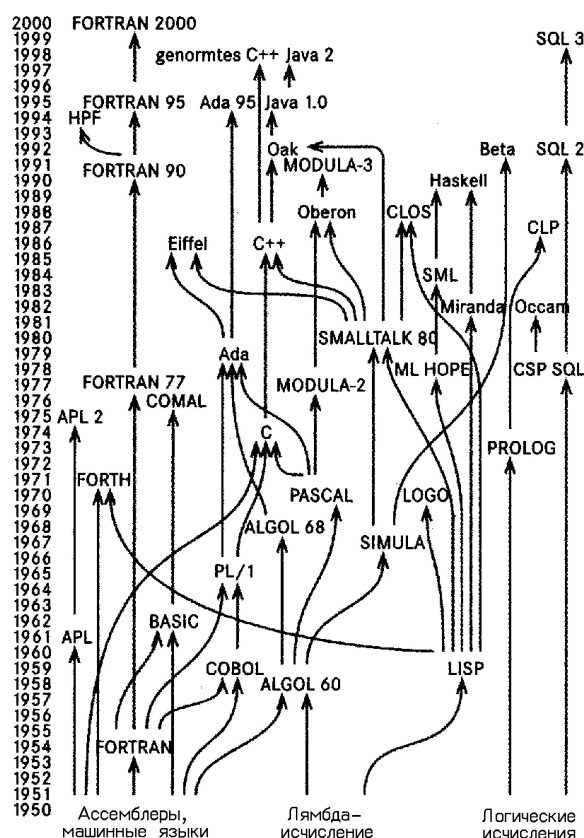


Рис. 214: Языки программирования

Яко́би (Carl Gustav Jacob Jacobi, 1804–1851): немецкий математик, один из создателей теории *эллиптических функций*. Значительный вклад в *вариационное исчисление*, математический анализ, теорию *дифференциальных уравнений*, теоретическую механику.

якоби́ан, определитель Якоби / Jacobian // Jakobische Determinante, Funktionaldeterminante f : Пусть заданы n функций $y_i = \phi_i(x_1, \dots, x_n)$, $i = 1, \dots, n$, имеющих *частные производные* 1-го порядка, тогда якобианом этих функций называют *определитель*

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial \phi_1}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial \phi_1}{\partial x_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial \phi_n}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial \phi_n}{\partial x_n} \end{vmatrix},$$

кратко обозначаемый символом $\frac{D(\phi_1, \dots, \phi_n)}{D(x_1, \dots, x_n)}$. Модуль якобиана характеризует растяжение элементарного объёма при переходе от переменных $y_1, \dots, y_n$ к переменным $x_1, \dots, x_n$.

Обозначим через J якобиан функций $y_i = \phi_i(\vec{x})$, $i = 1, \dots, n$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$. Пусть все функции $\phi_i(\vec{x})$ непрерывно дифференцируемы в области B , тогда:

1) для того, чтобы функции $\phi_1, \dots, \phi_n$ в области B были *зависимы*, необходимо и достаточно, чтобы $J \equiv 0$;

2) если $J \neq 0$ в точке $\vec{x}_0$, то в некоторой окрестности точки $\vec{y}_0 = \vec{\phi}(\vec{x}_0)$ связь переменных $\{x_i\}$ и $\{y_j\}$ взаимно-однозначна: существует единственная вектор-функция $\vec{x} = \vec{\psi}(\vec{y})$ такая, что $\vec{x}_0 = \vec{\psi}(\vec{y}_0)$; при этом имеет место равенство $\frac{D(\psi_1, \dots, \psi_n)}{D(y_1, \dots, y_n)} = J^{-1}$.

я́ма / well // Grube f : ограниченный участок поверхности, находящийся ниже окружающей части. «Потенциальная яма» / potential well // Potentialtopf m : термин, употребляемый в *квантовой механике*: ограниченная область пространства, в которой потенциал внешнего электрического поля имеет меньшее значение, чем в окружающем пространстве.

ярд / yard // Yard n : единица длины в *английской системе единиц*; 1 ярд (1 yd) = 3 *фута* = 91,44 см; 1760 ярдов составляют 1 английскую *милю*.

я́ркостная температу́ра / brightness temperature, luminance temperature // Luminanztemperatur f , schwarze Temperatur: физический параметр, применяемый для количественной характеристики спектральной плотности энергетической *яркости* (т.е. яркости, приходящейся на единичный интервал длин волн) поверхности любого тела, излучающего сплошной спектр. Яркостная температура T_b равна такой температуре T *абсолютно чёрного тела*, при которой спектральная плотность яркости абсолютно чёрного

тела в рассматриваемом интервале длин волн совпадает со спектральной плотностью яркости рассматриваемого тела. Понятие яркостной температуры используется при изучении космических источников излучения для характеристики температуры излучающего тела по спектральному составу его излучения.

яркость / brightness, luminance // Leuchtdichte f , Helligkeit f : пространственная плотность *светового потока*, исходящего от единичной площадки излучающей поверхности. Яркость L определяется как отношение светового потока $d\Phi$ к так называемому геометрическому фактору $d\Omega dS \cos \theta$, где $d\Omega$ — заполненный излучением *телесный угол* (т.е. телесный угол, в котором распространяется поток излучения $d\Phi$), dS — площадь участка поверхности, испускающего этот поток, θ — угол между перпендикуляром к излучающей поверхности и направлением распространения излучения: $L = d\Phi / (d\Omega dS \cos \theta)$. Из этого определения следует более удобное для практических применений выражение для яркости поверхности протяжённого источника света как отношение *силы света* dI элемента поверхности источника к проекции $dS \cos \theta$ площади его поверхности dS на направление, перпендикулярное излучению: $L = dI / (dS \cos \theta)$. Яркость измеряется в нитах (нт), т.е. в *канделах* на квадратный метр ($1 \text{ нт} = 1 \text{ кд/м}^2$). Из всех *световых величин* яркость наиболее непосредственно связана со зрительными ощущениями, так как *освещенность* изображения протяжённого предмета на сетчатке глаза пропорциональна яркости поверхности этого предмета.

Если поток излучения $d\Phi$ выражать в энергетических единицах (ваттах), то соответствующая величина $d\Phi / (d\Omega dS \cos \theta)$ называется энергетической яркостью поверхности источника.

ячейка / cell // Zelle f : одно звено сети; наименьшее звено какой-нибудь (политической) партии. «Ячейка памяти» [компьютера] / storage location // Speicherzelle f .

ячейка Керра / Kerr cell // Kerr-Zelle f : оптический элемент, представляющий собой плоский конденсатор, заполненный прозрачным изотропным диэлектриком. Ячейка Керра, помещённая между скрещенными (т.е. не пропускающими свет) *поляризаторами*, может служить быстродействующим оптическим затвором или модулятором интенсивности света. Действие ячейки основано на эффекте Керра: при помещении в электрическое поле изотропное вещество становится оптически анизотропным и приобретает свойства одноосного кристалла, оптическая ось которого направлена вдоль электрического поля. Свет в такой среде распадается на два линейно поляризованных луча, распространяющихся с различными фазовыми скоростями. Поэтому падающий на ячейку Керра линейно поляризованный свет на выходе из неё имеет эллиптическую поляризацию и частично проходит через анализатор. Интенсивность прошедшего света пропорциональна квадрату напряжённости электрического поля, поэтому при приложении к ячейке

Керра переменного напряжения модуляция интенсивности происходит на удвоенной частоте.

ящик / box, case // Kasten *m*, Kiste *f*: прямоугольная коробка. «Потенциальный ящик» / potential box, square potential well // rechteckiger Potenzialtopf
/// «выдвижной ящик» / drawer // Schublade *f* /// «почтовый ящик» /
postbox, letter-box // Briefkasten *m* [для писем и т.п.], Postfach *n* [абонементный
в почтовом отделении].

А Б В Г Д Е Ж З И К Л М Н О

П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я

Об авторах

Аленицын Александр Георгиевич — математик, доцент Санкт-Петербургского государственного университета и Российского государственного университета им. А.И.Герцена, автор ряда работ в области дифференциальных уравнений и их приложений в теории волн, постоянный сотрудник реферативного журнала "Mathematical Reviews" (США).

Бутиков Евгений Иванович — физик, профессор Санкт-Петербургского государственного университета и Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий механики и оптики, автор научных работ по нелинейной механике и учебников по физике, а также оригинальных учебных компьютерных программ по небесной механике и теории колебаний.