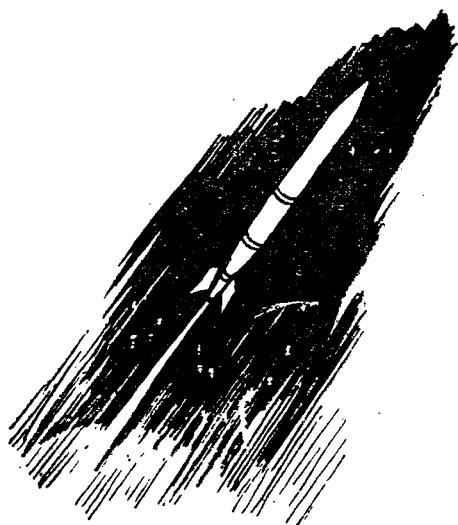


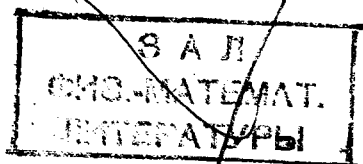
Б 39
94
Б 39
А. Буянов

Управляемый
ЭЛЕКТРОН

А. Ф. БУЯНОВ



Управляемый ЭЛЕКТРОН



ИЗДАТЕЛЬСТВО ВЦСПС
ПРОФИЗАТ • 1959

2596 $\frac{17}{59}$

Δ
5140

Атом — это вселенная в малом виде. Центр ее — атомное ядро, а периферия — электроны, которые непрерывно движутся и взаимодействуют с другими частицами: протонами и нейтронами.

Проникновение в атом и изучение его строения помогли людям познать многие явления в природе и использовать такие «детали» машин, которые могут двигаться со скоростью, близкой к скорости света. Эти «детали» — электроны.

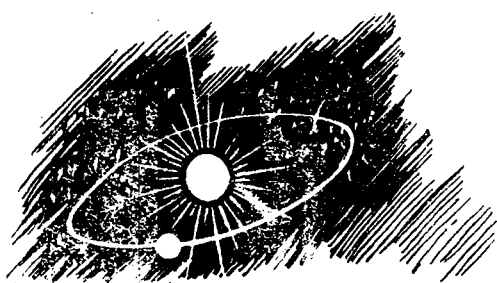
Находясь в системе своего атома, они порождают магнетизм, свет и обуславливают химические соединения атомов в молекулы, а молекул в тела.

Электроны, оторванные от атомов и управляемые силовыми полями, «работают» сейчас в разнообразнейших приборах и аппаратах.

Об этих электронах, поставленных на службу человеку, и повествует настоящая книга.

Научный редактор — инженер В. Г. Мавродиади

339
 $\frac{59}{5949}$



СТРОЕНИЕ АТОМА

Изучение невидимок

Творения ученых бессмертны. Вместе с именами создателей они передаются из поколения в поколение.

Давно уже нет Николая Коперника, опрокинувшего гипотезу Птолемея о строении мира, но его новое учение о строении Вселенной, как беспримерный подвиг в науке, сделало имя великого польского ученого известным в веках.

С точки зрения современной науки учение Птолемея кажется даже абсурдным. Действительно, диаметр Солнца в 108 раз больше поперечника Земли, и трудно предположить, что такое колоссальное небесное тело вращается вокруг «малютки»-планеты.

Нечто подобное мы видим и в учении о строении микромира-атома. Ошибочной была признана гипотеза Демокрита об атоме как неделимой частице, сыгравшая в свое время положительную роль. Появилась новая теория — о строении атома из элементарных частиц.

Подумайте только, что стало бы, если бы атом на самом деле оказался неделимым. На земном шаре не появилось бы ни одного химического соединения атомов в молекулы, а следовательно, существование органиче-

ского и неорганического мира стало бы абсолютно невозможным. Исчезли бы цвет и краски, навеки погас свет. Земля прекратила бы существование в том виде, какой она имеет сейчас, так как все, что мы перечислили, связано с энергией атома, заключенной в одной из его областей, в электронной оболочке.

При неделимом атоме неоткуда было бы взяться энергии, за счет которой светят звезды, так как она находится в другой области атома: в атомном ядре. Не увидели бы мы и самих звезд, так как они состоят в основном из атомных частиц: электронов, протонов, нейтронов.

Пока люди считали атом неделимым, они могли объяснить лишь некоторые процессы, протекающие на планете, и долгое время пользовались только той энергией, которую теряло Солнце. Когда ученые проникли в недра атома, стали понятны процессы, происходящие в звездных мирах, и люди научились использовать энергию атома.

Кто же расчищал пути к познанию сложного строения микромира?

Многочисленные факты в науке заставляли ученых все больше и больше убеждаться в том, что атом не может быть неделимым. Но проверить это опытами не представлялось возможным. Поэтому появлялись сначала научные предположения — гипотезы.

Одним из первых, в 1819 году высказал такую гипотезу профессор Московского университета М. Г. Павлов. Он утверждал в своих трудах, что строение атомов связано с электрическим зарядом, а элементы имеют планетарное строение.

Зная теперь, что атомы действительно построены по планетарному принципу и состоят из заряженных частиц, мы с изумлением читаем слова, написанные сто сорок лет назад. К сожалению, блестящая гипотеза Павлова, на десятилетия опередившая науку того времени, осталась не замеченной естествоиспытателями.

Вслед за Павловым предположение о сложном строении атомов выдвинули профессор Казанского университета А. М. Бутлеров, профессор Петербургского университета Д. И. Менделеев и другие ученые. Они считали, что атом не делим лишь химическим способом, при доступных тогда средствах.

Таковы были гипотезы. Но одно дело — предположение, а другое — доказательство. Как же, не видя атома, установить, что он имеет сложное строение?

Астрономы наблюдают в телескоп за движением планет и при помощи математики определяют их путь, вычисляют массу. Но химикам даже микроскоп не раскрывал архитектуру атома. Только математическое «око» позволило «разглядеть» невидимое. Им-то и воспользовались ученые, чтобы доказать, как сложно построен атом.

Профессор Московского университета Б. Н. Чичерин на основе математического анализа таблицы Менделеева доказал, что атом — сложная система движущихся взаимодействующих частиц, что от количества этих частиц и от характера их связи зависят свойства атомов различных веществ.

«Центральная масса (ядро, по современной терминологии) — носитель положительного заряда, — пояснял ученый в своем теоретическом труде «Системы химических элементов», — а вращающаяся вокруг нее «окружность» (электронная оболочка) заряжена отрицательно».

Как мы видим, Чичерин правильно предсказал составные части атома: ядро и электронную оболочку, их заряды.

Само ядро, по Чичерину, тоже «сложная частица». «Если бы ядро, — пишет он, — образовало сплошную однородную массу, то разрежение, естественно, состояло бы в расширении его во все стороны. Но оно складывается из отдельных, хотя и соединенных вместе элементов».

Ученый утверждал, что чем дальше расположен элемент в таблице Менделеева, тем больше у него слоев, по которым обращаются вокруг ядра внешние частицы атома.

Так, например, литий, читаем мы в его исследовании, «состоит из центрального элемента и слагающейся из трех элементов окружности». Если термины «центральный элемент» и «элементы окружности» заменить современными — «атомное ядро» и «электроны», то нельзя не поражаться тому, насколько близок был Чичерин к правильному представлению о строении атома.

Почти одновременно с Чичериным теоретическими изысканиями, доказывающими сложное строение атома, занимался ученый-революционер Н. А. Морозов.

Перед нами его выдающийся научный труд «Периодические системы строения вещества».

На основании созданной им теории внутреннего строения химических единиц Морозов нарисовал модели всех атомов, входящих в периодическую систему элементов Менделеева.

Главными структурными элементами атома он считал частицы с массой, равной четырем, двум и единице, а также положительно и отрицательно заряженные частицы, которые он назвал «анодий» и «катодий». Ученый предсказал существование элементарных частиц, которые впоследствии были действительно обнаружены: гелионов (ядра атомов гелия), дейтеронов (ядра атомов тяжелого водорода), протонов (ядра атомов водорода), а также электронов и позитронов.

В своей книге Н. А. Морозов предугадал преобразования химических элементов. Он указывал на возможность синтеза атома серы и двух атомов кислорода, вероятность превращения двух атомов азота в атом кремния и т. д.

Так первые ученые, отважившиеся при помощи математики проникнуть в недра атома, произвели довольно глубокую разведку микромира. Их предположения были потом подтверждены экспериментальными исследованиями.

Проникновение в недра атома

В один из осенних дней 1896 года французский ученый Анри Беккерель, занимаясь опытами в своей лаборатории, обнаружил, что фотографические пластинки, приготовленные для съемки, засвечены.

— Что же произошло? — удивился профессор. — Ведь пластинки были хорошо запечатаны в коробке, и свет никак не мог туда проникнуть.

Этот незначительный по существу факт мог бы пройти незамеченным, но ученый заинтересовался, почему испортились пластинки. Оказалось, кусок урановой руды, лежавший неподалеку, испускал какие-то невидимые лучи, похожие на те, которые в 1895 году открыл немецкий физик Рентген.

Окончательно убедившись в том, что источником излучения является урановая руда, Беккерель решил вы-

делить из нее металл уран. Но каково же было его изумление, когда он обнаружил, что интенсивность излучения урана ничтожно мала по сравнению с той, которая имелась у руды. Значит, она содержит какое-то вещество, дающее невидимые лучи.

Поисками этих лучей занялись работавшие у профессора Беккереля в институте польская эмигрантка Мария Склодовская и ее муж Пьер Кюри.

Терпеливо перерабатывали труженики науки урановую руду, чтобы выделить из нее лучистое вещество. В результате длительных опытов они получили в 1898 году крупину нового вещества весом в несколько сотых грамма. Оно испускало потоки невидимых лучей. Вещество это получило название «радий», что означает «лучистый».

Впоследствии было установлено, что радий непрерывно посылает в окружающее пространство альфа-частицы и радиоактивный газ — родон, который в свою очередь выделяет бета-частицы (электроны) и гамма-лучи. На интенсивность излучения радия не влияет ни нагревание его, ни охлаждение до температуры жидкого воздуха, ни высокое давление, ни вакуум. Свойство химического элемента испускать невидимые, проникающие лучи называли радиоактивностью.

Открытие радиоактивности и радия явилось доказательством сложного строения атома. Однако только обнаружение электронов в составе атома пролило некоторый свет на его структуру.

Наличие отрицательно заряженных частиц заставляло думать, что в атоме содержатся еще и положительно заряженные частицы, так как в целом он нейтрален.

Английский физик Джозеф Джон Томсон построил на этом предположении свою модель атома. Он считал, что электроны как бы растворены в его материи, имеющей положительный заряд.

Разгадка тайн внутреннего строения вещества

В свое время томсоновская модель атома объясняла ряд явлений: испускание электронов металлами при их нагревании, возникновение положительных и отрицательных ионов и другие. Но против этой модели «выступала» сама радиоактивность. Непонятно было, откуда

да берутся в атоме альфа-частицы с концентрированными положительными зарядами электричества.

Строение микромира начало проясняться только в результате экспериментов другого английского физика Эрнеста Резерфорда. Он воспользовался альфа-частицами, которые выбрасываются радиоактивным элементом, как снарядами и стал обстреливать ими металлический листочек. Ученый ввел внутрь специального прибора объектив микроскопа и стал наблюдать на фосфоресцирующем экране вспышки от ударов рассеиваемых мишенью альфа-частиц.

В процессе опытов Резерфорд установил, что для альфа-частиц «прозрачна» только наружная область атомов, а внутренняя «непрозрачна», они «отскакивают» от нее под разными углами.

Чем же это объясняется?

Оказывается, альфа-частица в несколько тысяч раз тяжелее электрона, и поэтому при столкновении с ним она почти не теряет энергии так же, как, например, галька не может существенно замедлить движение несущегося по ней автомобиля.

Вероятно, «прозрачная» часть атома заполнена электронами, заключил Резерфорд.

Когда альфа-частица проходит около центральной части атома или сталкивается с ней, то она либо отклоняется, либо «отскакивает», как мячик от стены. Значит, центральная часть атома — плотное тело; здесь сконцентрирована основная его масса, несущая положительный заряд.

Так появилась на свет новая, ядерная, модель атома: положительно заряженное ядро и расположенные вокруг него отрицательные заряды — электроны.

Правильность своей теории Резерфорд подтвердил математическими расчетами.

Открытие английского физика легло в основу так называемой планетарной модели атома, по которой ядро является центром, а вокруг него, как планеты вокруг Солнца, вращаются электроны. Эту модель развил потом датский физик Нильс Бор.

Тем не менее неясным оставалось строение атомного ядра. Уточнения в эту область внесли ученые разных стран. В 1932 году англичанин Джеймс Чедвик при обстреле бериллия альфа-частицами обнаружил ядерную

частицу, не имеющую электрического заряда, и назвал ее ввиду нейтральности нейтроном.

Открытие нейтрона явилось важнейшим этапом в развитии ядерной физики. Отсутствие заряда у этой частицы придает ей исключительную проникающую и разрушительную способность во время бомбардировки атомных ядер. Нейтрон не отклоняется от своего пути при прохождении вблизи заряженных частиц и не отталкивается от них, как электрон от протона.

В руках физиков он оказался своеобразным хирургическим инструментом, позволяющим «оперировать» атомные ядра, то есть осуществлять множество ядерных реакций.

В том же, 1932 году, советские физики И. Е. Тамм и Д. Д. Иваненко опубликовали свои работы, в которых изложили гипотезу строения атомного ядра из протонов и нейтронов.

Вот как рисуется теперь строение атома. Атом водорода — протий имеет в ядре один протон, а в электронной оболочке один электрон. Атом тяжелого водорода — дейтерий содержит в ядре один протон и один нейтрон, а в оболочке один электрон. В ядре атома сверхтяжелого водорода — трития один протон и два нейтрона, а в оболочке один электрон.

Какими простыми кажутся эти атомы по сравнению с атомом урана или менделеевия. В ядре атома урана 92 протона и 146 нейтронов, а его электронная оболочка содержит 92 электрона. Ядро атома менделеевия имеет 101 протон и 154 нейтрона, а оболочка 101 электрон.

Свыше 350 частиц в одном только атоме! Нетрудно представить себе, насколько сложно его строение. Ведь все эти частицы движутся и взаимодействуют между собой.

Но самое поразительное, что некоторые из них, например, протоны и нейтроны, тоже являются сложными. Это атомы в атоме.

Атомы в атоме

Заглянуть в ядерную частицу — протон удалось при помощи электронов.

Предварительно ученые подсчитали, сколько электро-

нов может быть отражено протоном во время электронного облучения. При этом исходили из того, что протон — наипростейшая частица с одинаковой плотностью.

Потом начали делать опыты. Для получения мощного пучка электронов воспользовались ускорителем, который может производить по 60 залпов в секунду. Каждый залп длится миллионную долю секунды и содержит около 10 миллиардов электронов.

В результате экспериментов было установлено, что количество электронов, рассеиваемых протоном, меньше, чем предполагали при подсчетах.

По «узорам» на фотопластинке, нарисованным электронами, определили размеры просветов между ядерными частицами. Исследования показали, что у более легких элементов, начиная от водорода и кончая кальцием, атомное ядро имеет равномерно уменьшающуюся к краям плотность. Вероятно, в центре ядра больше протонов (заряженных частиц), а у поверхности больше нейтронов (незаряженных частиц).

У более тяжелых элементов было обнаружено ярко выраженное сгущение внутри атомного ядра, окруженное менее плотной оболочкой. Такое ядро можно сравнить с яйцом, где «желток» — сгусток ядра, а «белок» — оболочка.

Таким же образом установили: протон имеет неодинаковую плотность, его нельзя считать простейшей, неделимой частицей.

Центральная часть его представляет собой необычайно плотную сердцевину — kern, или остов, — несущую положительный заряд электричества. Остов окружен мезонным облачком, состоящим из частиц, названных мезонами. Остов в протоне вращается вокруг собственной оси, а мезонное облачко в свою очередь обращается вокруг остова. Если изобразить протон на рисунке, то он будет иметь сходство с планетой Сатурн: шарообразное тело окружено кольцом.

Можно полагать, что и у нейтрона центральная часть окружена мезонным облачком.

Протон и нейтрон время от времени излучают или поглощают мезон. Процесс этот сопровождается взаимопревращением протона в нейтрон и наоборот. Поясним примером. Есть красители, меняющие цвет при нагреве. Представьте себе, что перед вами лежат шарики,

сделанные из такого красителя. Обычно они белые, а при нагреве синеют; однако стоит только им остыть, как они опять становятся белыми. Получая или теряя тепловую энергию, шарики меняют окраску. Нечто подобное происходит и с ядерными частицами: получая или отдавая энергию в виде мезонов, они превращаются друг в друга.

С открытием мезонов был найден «ядерный клей», накрепко соединяющий частицы в атомном ядре.

«Ядерный клей»

В ядре сконцентрировано примерно 99,95 процента всей массы атома. Ядерные силы сгустили частицы атомного ядра до такой плотности, что если бы удалось наполнить ядрами коробочку величиной в 1 кубический сантиметр, то она весила бы 116 миллионов тонн.

В ядре действуют два вида сил: электрические, отталкивающие друг от друга одноименно заряженные частицы — протоны, и ядерные, которые как бы склеивают частицы. Они во много раз больше электрических.

Если в атомном ядре будут разорваны ядерные силы, то протоны, имеющие одинаковый положительный заряд, разлетятся в разные стороны. Необычайно плотное вещество атомного ядра поведет себя при этом словно сильно сжатый газ, вырвавшийся наружу из раскрытого сосуда. Освободится огромное количество энергии.

Но как разорвать ядерные силы и получить энергию, заключенную в недрах атома?

Сделать это при помощи обычных высоких температур так же невозможно, как нельзя расплавить металл теплотой дыхания. А попытка разрушить атомное ядро посредством большого давления обречена на такую же неудачу, какая постигает человека, задумавшего раздавить булыжник пальцем.

Ученым предстоит сделать в этой области еще очень многое. Вероятно, удастся при помощи электронов изучить строение мезонов. Это поможет до конца раскрыть секрет ядерных сил, позволит использовать не тысячную долю энергии, освобождаемой при расщеплении ядер атомов урана, как сейчас, а всю или почти всю.

Атомы-близнецы

Масса атомов одного и того же химического элемента может быть не одинакова. Она зависит от количества нейтронов в атомных ядрах.

В одной клетке таблицы Менделеева располагаются два типа химического элемента меди: в ядре атома одного из них содержится 29 протонов и 34 нейтрона, а в ядре другого — 29 протонов и 36 нейтронов. Такие элементы называются «изотопами», что в переводе с греческого языка означает «равноместные», занимающие одинаковое место. Изотопы есть у большинства химических элементов.

Все изотопы одного элемента имеют одинаковое количество протонов. Значит, электронная оболочка у них ничем не различается. Отсюда понятно, почему и химические свойства изотопов, несмотря на различный атомный вес, сходны.

Водород имеет три изотопа: протий, дейтерий и тритий с разными атомными ядрами: протоном, дейтерием и тритоном. Протон в два раза легче дейтерона и в три раза легче тритона, но химические свойства у всех изотопов водорода одинаковы. Протий в соединении с кислородом образует обычную воду, а дейтерий дает так называемую тяжелую воду, замерзающую при температуре минус 3,8 градуса и кипящую при температуре плюс 101,4 градуса.

Количество нейтронов в атомном ядре у изотопов одного и того же элемента разное. Однако это не влияет на их химические свойства. Но стоит только изменить в ядре количество протонов хотя бы на один, как это обязательно приведет к появлению атома другого вещества, а следовательно, к коренному изменению химических свойств.

Существуют еще и такие элементы, которые при равном весе обладают разными химическими свойствами. Возьмем для примера ту же медь, у которой в атомном ядре 29 протонов и 36 нейтронов, и цинк, имеющий 30 протонов и 35 нейтронов. У них одинаковый атомный вес, но количество протонов разное, и электронные оболочки их несхожи. Следовательно, и химические свойства их различны. Подобные элементы названы изобара-

ми, что означает «равновесные», имеющие одинаковый вес.

Сейчас, глядя на таблицу Менделеева, можно сразу подсчитать, сколько в том или ином атоме химического элемента содержится электронов, протонов и нейтронов. Порядковый номер элемента в таблице равен числу протонов в ядре, а значит, и числу электронов в оболочке. Атомный вес в целых числах — это сумма протонов и нейтронов. Таким образом, разность от вычитания из атомного веса количества протонов показывает, сколько нейтронов содержится в ядре данного атома. Исключения составляют изотопы, у которых количество нейтронов может быть больше или меньше.

Вот почему при математическом анализе периодической системы Менделеева и Чичерину и Морозову удалось сравнительно точно предсказать даже составные части атома.

Химическая азбука

Чтобы читать, нужно знать азбуку, а желающий познакомиться с любым веществом должен изучить химическую азбуку, то есть различные виды атомов и законы сочетания их в молекулы.

Вся живая и неживая природа, как мы уже говорили, состоит из мельчайших частичек вещества — атомов. Только они так малы, что их невозможно разглядеть даже в самый сильный микроскоп.

В нашем представлении пылинка — очень маленькая частица, ее едва видно невооруженным глазом. Но в пылинке диаметром примерно 0,03 миллиметра около 10 000 000 000 000 000, то есть 10 квадриллионов атомов.

Попробуем путем сравнения представить себе размеры одного атома.

Увеличьте мысленно знакомые вам предметы в миллион раз. Карандаш будет иметь длину в 150—200 километров и толщину в 7 километров. Даже булабочная головка превратилась бы в шар километрового диаметра. Атом же при увеличении в миллион раз был бы меньше точки в этой книге.

Насколько он мал, можно судить по тому, что в булабочной головке содержится 10 000 000 000 000 000 000, то есть 10 квинтиллионов атомов железа.

Сейчас насчитывается сто два вида атомов. Они отличаются друг от друга по массе. Чем больше их вес, тем сложнее строение. Водород самый легкий. Поперечник его равен одной стомиллионной доле сантиметра, а масса составляет 0,167 септиллионных долей грамма. Наиболее сложными по строению и тяжелыми по весу являются менделеевий (101) и nobelium (102).

В таблице Менделеева представлены все виды атомов химических элементов. Они расположены в порядке увеличения атомного веса.

Восемьдесят восемь химических элементов из имеющихся в периодической системе Менделеева найдены в земной коре, а остальные получены искусственным путем. Может быть, когда-то, в давно прошедшие времена, некоторые из этих сложных элементов и существовали на Земле, но ввиду своей радиоактивности, излучив определенную массу, превратились в более простые, подобно тому как радий с течением времени переходит в свинец.

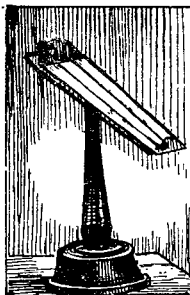
Все вещества в природе можно разделить на простые и сложные. Простые составлены из атомов какого-либо одного вида, а сложные — из разных атомов, химически соединенных в более крупные частицы — молекулы.

К простым веществам, элементам, относятся: газы — водород, азот, гелий, кислород, хлор и другие; жидкости — бром, ртуть, галлий и другие; твердые вещества — железо, алюминий, золото, медь, серебро, олово, свинец и другие. Каждый элемент обозначается определенным знаком химической азбуки — таблицы Менделеева.

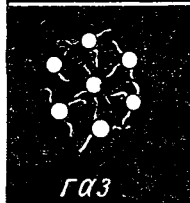
Сложные вещества чрезвычайно разнообразны, и обозначение их гораздо сложнее.

Из одних и тех же букв составляются разные слова, например соль и лось. Из одних и тех же атомов также можно получить молекулы различных веществ. Атомы водорода и кислорода, например, способны дать молекулы воды и перекиси водорода.

Всем известны три состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное. К ним можно прибавить еще два: плазменное и сверхплотное.



плазма



газ



жидкость



шаровая молния



твёрдое
тело

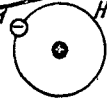
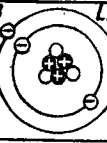
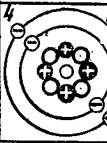
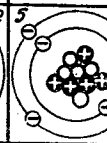
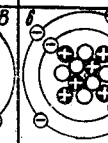
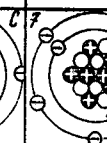


промежуточное
состояние
вещества



сверхплотное
состояние
вещества

Различные состояния вещества. Плазма в природе и в технике

Периоды	Ряды	Группы				
		I	II	III	IV	V
1	1	1 H Водород				
2	2	3 Li Литий 6.940	4 Be Бериллий 9.02	5 B Бор 10.82	6 C Углерод 12.01	7 N Азот 14.008
1	1					
2	2					

Строение атомов

Плазма — это газообразное вещество, от молекул и атомов которого «оторваны» электроны, причем ионы, ядра атомов и электроны существуют раздельно. В целом плазма электрически нейтральна и светится, потому что частицы ее возбуждены. Она проводник электричества, так как в ней содержится большое количество свободных электронов.

Несмотря на то, что название «плазма» — новое, такое состояние вещества известно людям давно: это пламя свечи и шаровая молния, свечение газосветной лампы и северное сияние, туманности и звезды.

Сверхплотное состояние вещества характеризуется тем, что электроны с внешних слоев атомов «вдавливаются» внутрь и атомы теряют свои характерные химические свойства. Подобная потеря «химизма», как полагают, имеется у вещества, находящегося под огромным давлением в центре земного шара.

Группы			
VI	VII	VIII	0
			2 He Гелий 4.003
8 O Кислород 16.000	9 F Фтор 19.000		10 Ne Неон 20.183
			2 He
8 O	9 F		10 Ne

группам таблицы Менделеева

Карта атомного мира

Как мы уже говорили, атом имеет ядро, состоящее из протонов и нейтронов, и оболочку вокруг ядра из электронов. Масса электрона в 1836,5 раза меньше массы протона и в 1839 раз меньше массы нейтрона. Ядро атома обладает положительным зарядом электричества, а оболочка — своеобразная атмосфера из отрицательно заряженных частиц.

Электроны расположены около ядра атома не беспорядочно: они образуют слои, несколько проникающие друг в друга, но в среднем находящиеся от ядра на разных расстояниях. Электроны внутренних слоев испытывают наибольшее влияние положительно заряженного ядра и вследствие этого связаны с ним прочнее.

Можно было бы ожидать, что с ростом количества электронных слоев от водорода к урану заметно расширится и объем атома. Однако этого не происходит, так

как одновременно увеличивается и заряд ядра. А чем больше заряд, тем сильнее ядро притягивает к себе электроны.

По этой же причине электроны внутренних слоев в сложных атомах связаны с ядром значительно прочнее, чем у простых атомов, размещающихся в начале таблицы Менделеева. В атоме урана энергия связи внутреннего электрона с ядром составляет 100 тысяч электроновольт, а у лития — 121,84 электроновольта, то есть у урана она примерно в 820 раз больше.

С разной силой удерживают атомы и свои наружные электроны. Чтобы оторвать электрон от атома натрия, требуется энергия в 5,11 электроновольта; от атома калия — 4,32; от рубидия — 4,10, а от цезия — 3,87 электроновольта.

В таблице Менделеева — этой карте атомного мира — химические элементы разбиты на периоды. Каждый новый период отличается от предыдущего наличием лишнего слоя, занятого электронами.

Водород и гелий относятся к первому периоду. У водорода его единственный электрон находится в первом, ближайшем к ядру слое. У гелия оба электрона располагаются также в первом слое.

Второй период менделеевской таблицы включает литий с двумя электронами в первом слое и одним во втором, бериллий — с двумя в первом и двумя во втором, бор — с двумя в первом и тремя во втором, углерод — с двумя в первом и четырьмя во втором и т. д.

Неон, имеющий порядковый номер десять, содержит всего десять электронов, из которых два в первом слое и восемь во втором.

Одиннадцать электронов натрия распределяются следующим образом: два в первом слое, восемь во втором и один в третьем. Этот элемент открывает третий период менделеевской таблицы. Из восемнадцати электронов аргона два расположены в первом слое, восемь во втором и восемь в третьем.

У калия — первого элемента четвертого периода, имеющего девятнадцать электронов — два находятся в первом, по восьми во втором и в третьем и один в четвертом слое.

Первый слой, как мы уже говорили, вмещает не более двух электронов, второй — не более восьми. После-

дующие слои оказались «просторнее». В третьем может быть до 18, в четвертом до 32 электронов и т. д.

Элементы в таблице Менделеева делятся еще на группы. К одной группе относятся те, которые имеют одинаковое количество электронов во внешнем слое, что и обуславливает их химическое сходство. В первой группе литий, натрий и другие вещества содержат по одному электрону во внешнем слое. Элементы второй группы — бериллий, магний, кальций и другие — по два, элементы третьей группы — по три. И, наконец, элементы нулевой группы — неон, аргон, криптон и другие — по восьми электронов.

Атомы, у которых в наружном, полностью заполненном слое имеется два или восемь электронов, обладают химической устойчивостью. Все атомы, как мы увидим дальше, стремятся к образованию такой устойчивой системы. В этом кроется секрет их способности вступать в химические соединения.

Периоды		Группы	
		I	II
1	1	1 H	
2	2	3 Li	
3	3	11 Na	
4	4	19 K	
5	5	29 Cu	
6	6	37 Rb	
		55 Cs	

Строение атомов по периодам таблицы Менделеева

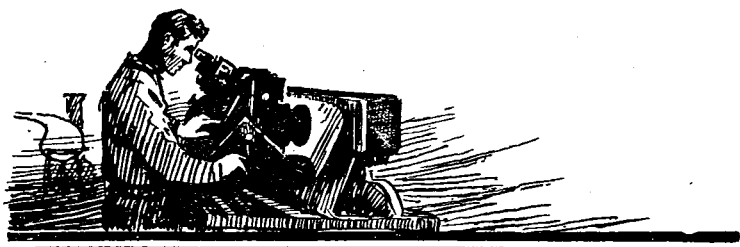
Некоторые звезды, как показал спектральный анализ, на одну треть, а Солнце наполовину состоят из протонов, то есть из «оголенных» ядер атомов водорода.

На звездах при огромной температуре электроны не могут удерживаться атомными ядрами и, оторвавшись от них, путешествуют отдельно. Только на остывающем небесном теле электроны начинают взаимодействовать с протонами и вступают с ними в такую связь, которая обуславливает появление сначала простых, а затем и более сложных атомов.

С того момента, как атомы на нашей планете «оделись» в «электронные одежды», появилась возможность соединения их в молекулы, началась эволюция вещества, приведшая к существующему теперь необозримому многообразию живой и неживой природы.

Многие явления в окружающем нас мире есть результат движения электронов в атомах вещества. В этом движении разгадка химической связи, магнетизма и световых явлений.

И хотя человечество давно уже начало пользоваться энергией движущихся в атоме электронов, ученые сравнительно недавно дали объяснение многим знаковым явлениям природы.



ВРАЩАЮЩИЙСЯ ЭЛЕКТРОН

Химические превращения

Химические реакции лежат в основе многочисленных процессов, происходящих на земном шаре.

В живой природе наблюдаются в основном явления, ведущие к усложнению вещества. Так, растение поглощает из воздуха углекислый газ, который при помощи солнечной энергии и хлорофилла претерпевает сложное химическое превращение, образуя крахмал, целлюлозу, сахаристые и другие вещества, необходимые для поддержания жизни растений. В организме людей и животных они подвергаются дальнейшим преобразованиям. Здесь накапливаются белки, жиры и другие соединения. Это химический синтез — одно из главных явлений в природе, давшее начало жизни на нашей планете.

В организмах протекают и противоположные реакции. Они лежат, например, в основе процесса дыхания.

При синтезе получаются вещества, аккумулирующие солнечную энергию. В процессах, обратных синтезу, эта энергия, наоборот, освобождается.

Главенствующую роль играют химические превращения и в неживой природе. Земля да и другие планеты

Вселенной представляют собой колоссальнейшие химические лаборатории, в которых постоянно происходит изменение неорганических веществ: одни создаются, другие разрушаются. Так некогда образовались, например, минералы, руды.

Словом, вся органическая и неорганическая жизнь на Земле представляет собой непрерывные превращения одного вещества в другое.

Химические реакции лежат также в основе всевозможных производственных процессов, осуществляемых человеком. Продукты их — всюду. Это наша пища, одежда, обувь, предметы быта. Это горючее для самолетов, кораблей, автомобилей. Это кирпич, стекло, цемент, металл, без которых невозможно строительство жилых домов и зданий.

Химики дают нам большое количество таких веществ, которыми сравнительно бедна природа: красители, лекарства, ароматические и другие вещества. Они создают и то, чего не существует в природе: синтетическое жидкое топливо, искусственные волокна, синтетический каучук, пластические массы.

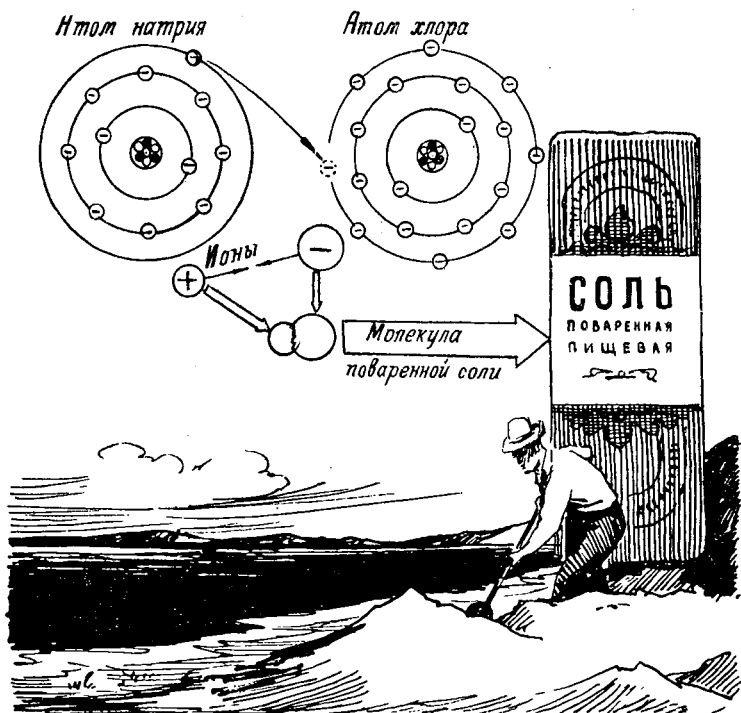
Все чудеса химии, когда одно сочетание атомов образует пищу растений, другое дает яд для болезнетворных микробов, третье поднимает в воздух самолет, четвертое взрывает гору, иными словами, все химические преобразования веществ осуществляются только при посредстве электронов. Именно они объединяют атомы в молекулы и способствуют соединению молекул в тела.

Секрет химической связи

Рассмотрим механизм взаимодействия атомов и молекул. Известно, что два тела, заряженных электричеством разных знаков, притягиваются друг к другу. Но существует ли притяжение между телами, электрически нейтральными?

Если к одному атому водорода приблизить другой, то можно было бы ожидать, что между ними взаимодействия не произойдет, так как оба они электрически нейтральны. На самом же деле при сближении их на расстояние, несколько меньшее чем диаметр атома, они взаимодействуют. И как только электрон одного атома водо-

рода пересечет сферу действия электрона другого, он может оказаться под влиянием притяжения его ядра и, вместо того чтобы вращаться вокруг своего протона, опишет кривую вокруг соседнего. Получается химическое соединение — молекула водорода. Точно так же объединяются и два атома хлора.



Ионное химическое соединение. Реакция образования поваренной соли

В подобных молекулах образуется наружный насыщенный слой из двух электронов, как например у атома гелия, который отличается химической пассивностью.

Слои с двумя или восемью электронами предельно насыщены. Атомы, имеющие такие наружные слои, химически инертны,

Атомы с «недоукомплектованным» наружным слоем химически активны. Те из них, которые имеют в этом слое по одному электрону, могут сравнительно легко отдать его другому атому с недостаточным количеством электронов в наружном слое.

Так возникает химическая связь между атомами. Примером ее может служить получение поваренной соли из атомов хлора, имеющих в наружном слое по семи электронов, и атомов натрия, у которых по одному электрону. Переходя к хлору, он дополняет его слой до восьми электронов. Оба атома приобретают электрический заряд: натрий — положительный, так как он потерял электрон, а хлор — отрицательный, потому что он его приобрел. Став разнозаряженными ионами, они притягиваются друг к другу, и... мы становимся свидетелями одного из чудес химии, когда металл и ядовитый газ превращаются в кристаллы пищевого продукта.

Возможен и другой тип химической связи. При горении угля атом углерода взаимодействует с двумя атомами кислорода, образуя углекислый газ. Происходит это следующим образом. У двух атомов кислорода в наружном слое по шести электронов, у углерода — четыре. Когда все они соединяются в молекулу, то шестнадцать полученных электронов образуют вокруг нее два слоя.

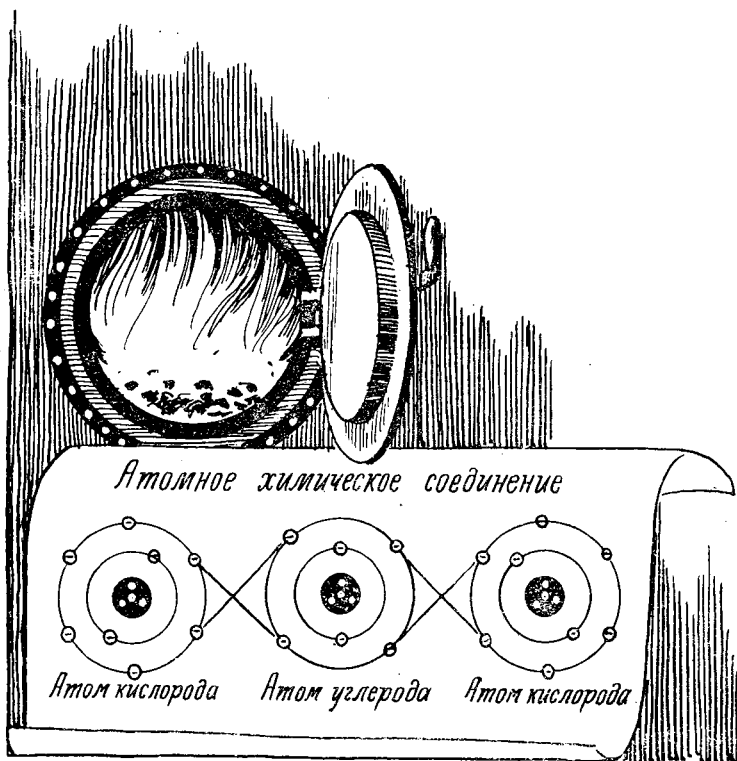
Как мы видим, секрет химической связи кроется или в заимствовании или в объединении электронов отдельных атомов.

«Жизнедеятельностью» их объясняется и валентность.

Электроны непрерывно движутся вокруг ядра по эллиптическим или круговым орбитам и, кроме того, вращаются еще вокруг собственной оси. Волчкообразное движение электрического заряда — электрона — порождает магнитный момент. Направление его зависит от того, будет ли электрон вращаться по часовой или против часовой стрелки.

У атома гелия два электрона. Магнитные моменты их взаимнопротивоположны и уравновешены, а атом химически нейтрален. Но если каким-либо воздействием изменить направление вращения одного электрона, то магнитные моменты будут параллельными и гелий делается двухвалентным.

Литий одновалентен — у него во внешнем слое один электрон. Два других электрона во внутреннем слое «гасят» свои магнитные моменты взаимопротивоположным вращением.



Атомное химическое соединение. Реакция горения

Бор тоже одновалентен, хотя у него во внешнем слое три электрона. Однако стоит только нарушить взаимокompенсацию магнитных моментов двух не участвующих в создании валентности электронов, как атом бора делается трехвалентным.

Таково объяснение валентности.

Магнетизм — свойство материи

Много легенд создано о магнитной силе. В них рассказывается, как эта сила вырывала железные гвозди из корпуса деревянного корабля или притягивала корабли к скалам, где волны моря разбивали их в щепки.

Давно уже пытались люди использовать магнетизм. Еще более 3 тысяч лет назад в Китае существовали дорожные колесницы, на которых устанавливались свободно вращающиеся маленькие фигурки с вытянутой рукой. В каком бы направлении ни двигалась колесница, фигурка неизменно продолжала указывать рукой на юг.



Магнетизм. Различные области применения магнитов

Это был прообраз современного компаса — участника многих географических открытий, прибора, при помощи которого изучена наша планета.

Намагниченная стрелка и сейчас несет большую службу, указывая одним концом на юг, другим на север. С нею уходят в плавание моряки, отправляются в полет летчики. Она непреременный спутник путешественников, с нею имеют дело ученые, исследующие магнитные явления.

Магнетизм — универсальное свойство материи. Оно присуще и атомным частицам и космическим телам: планетам, звездам.

Современная техника широко использует магнетизм. Незримые магнитные силы в генераторах электростанций рождают электрический ток. Магниты мощных кранов, обладающие силой великанов, «переносят» тяжелые металлические предметы. Магнитом весом с линкор оснащен крупнейший в мире советский ускоритель атомных частиц — синхрофазотрон. Используя магнитные силы, хирург выполняет сложнейшие операции, удаляет, например, стальные осколки из глаза. Эти же силы действуют и в заливающимся трелью электрическом звонке, и в стрекочущем телеграфном аппарате, и в телефоне, который обеспечивает переговоры людей, отделенных друг от друга тысячами километров.

Первопричиной магнитных сил являются опять-таки электроны. Как частицы, несущие электрические заряды, они при движении создают вокруг себя магнитное поле. Источником возникновения магнитных сил служит также вращение электронов вокруг своей оси.

А как доказать это?

Представьте себе подвешенный на нитке сосуд, на дне которого кружится несколько волчков, причем оси их параллельны друг другу. Волчки обладают гироскопическим эффектом — способностью сохранять неизменное положение в пространстве своих осей вращения. Поэтому сосуд вместе с волчками приобретает очень устойчивое положение. В соответствии с законами механики такая устойчивость будет иметь место только до тех пор, пока оси вращающихся волчков параллельны. Как только параллельность их почему-либо нарушится, висящий сосуд должен повернуться.

Этот давно известный факт ученые и использовали

для доказательства вращения электрона вокруг своей оси. Они взяли магнитный стерженек и подвесили его на нитке, предполагая, что вращающиеся в нем электроны будут вести себя подобно упомянутым выше волчкам в сосуде, так как оси вращения у них параллельны. Затем, не касаясь стерженька, быстро нагрели его до температуры, при которой пропадает магнетизм. Оси вращения электронов должны были расположиться хаотично. И действительно, подвешенный стерженек начал поворачиваться. Это свидетельствовало о том, что электроны имеют собственные магнитные моменты и ведут себя словно крошечные магнетики.

Магнитное поле атома в целом может быть усилено или ослаблено в зависимости от того, как ориентированы в общем направлении магнитные моменты отдельных электронов. Если большинство из них расположены параллельно и однонаправленно, то магнитные моменты будут складываться. При встречном же направлении они компенсируют друг друга, вследствие чего магнитное поле у атома уменьшается или вовсе исчезает.

В атоме существует и ядерное магнитное поле. Однако оно в несколько раз слабее электронного.

Все вещества — твердые, жидкие и газообразные — являются магнитными. Одни из них — ферромагнетики, подобно железу сильно притягиваются электромагнитом. Другие, например алюминий, притягиваются в миллионы раз слабее железа. Это так называемые парамагнетики. И, наконец, есть такие вещества, как висмут, которые не только не притягиваются, но даже отталкиваются от электромагнита, словно они намагничены наоборот. Их именуют диамагнетиками.

Атомы любого химического элемента имеют свою особую, если можно так выразиться, «магнитную физиономию». Исходя из этого, советский ученый Е. К. Завойский разработал новый метод анализа вещества.

Вещество помещают в сосуд-резонатор, расположенный между полюсами электромагнита. Там его начинают облучать сантиметровыми и миллиметровыми радиоволнами, меняя частоту колебаний до того момента, когда прибор покажет, что вещество начало сильно поглощать энергию. Это значит: колебания электромагнитных волн попали в резонанс с колебаниями атомов. А так как каждый элемент имеет особую частоту коле-

баний атомов, то, обнаружив ее прибором, судят о том, какой элемент содержится в исследуемом веществе.

На магнетизм атомов существенным образом влияет температура. При температуре, близкой к абсолютному нулю, парамагнитные тела легко намагничиваются. С понижением температуры увеличивается способность к намагничиванию и ферромагнитных тел. При повышении температуры это свойство постепенно исчезает. У железа при 768 градусах происходит скачок — из ферромагнитного вещества оно сразу превращается в парамагнитное.

Энергетические «этажи» в атоме

Электроны совершают в атоме определенные движения вокруг ядра и находятся с ним во взаимодействии. Оторваться от него они не могут, так как его положительный заряд притягивает отрицательно заряженные электроны.

— Почему же они в таком случае не падают на ядро? — вправе вы спросить.

А не происходит этого потому, что электроны очень быстро обращаются вокруг ядра. Ведь Земля тоже не падает на Солнце, вокруг которого она вращается и которое ее притягивает.

В атоме водорода электрон кружится вокруг ядра, словно Земля вокруг Солнца. При нормальном состоянии атома его электрон обладает вполне определенной энергией и занимает низший энергетический «этаж», точнее низший энергетический уровень. Если же атом «возбужден», то есть приобрел какое-то количество энергии, то электрон в зависимости от величины этой энергии преодолевает силу притяжения ядра и пересекается на один из верхних «этажей». При возвращении электрона обратно на низший «этаж», атом освобождает некоторое количество энергии.

Всякая энергия может быть выражена в единицах работы. Теплота измеряется калориями, электричество — киловатт-часами. Энергию же элементарных частиц физики обозначают особой единицей — электроновольтом. Один электроновольт — это работа, которую производит одновольтовая батарейка, когда электрон перемещается с одного полюса на другой.

Энергия одного электроновольта примерно в 600 миллиардов раз меньше той энергии, которую требуется затратить, чтобы поднять один миллиграмм груза на один сантиметр. И в то же время в мире атома это не такая уж малая величина. Электрон, обладающий энергией в один электроновольт, движется со скоростью 593 километра в секунду.

Энергетическая «этажность» атомов у разных химических элементов не одинакова.

«Крыша» над наивысшим энергетическим «этажом» в атоме водорода равна 13,54 электроновольта. При такой силе энергии происходит уже отрыв электронов от атомов — ионизация.

В «возбужденном» атоме электрон, поднявшийся на высший энергетический уровень, задерживается там очень ненадолго. При возвращении его на низший «этаж» атом излучает энергию в виде светового луча — фотона (от греческого слова «фотос» — «свет»).

Свет звезд и непрерывно идущие к нам на Землю солнечные лучи свидетельствуют о том, что рождение фотонов — один из главных процессов, происходящих в мире атомов, заполняющих Вселенную.

Световому потоку все живое на Земле обязано и своим рождением и своим существованием.

Рождение света

Как рождается свет?

Мы можем представить себе это, обратившись к модели атома.

Несмотря на присутствие вращающихся электронов, «жизнь» атома протекает спокойно. Однако при первом же столкновении его с частицей энергии, называемой квантом, спокойствие нарушается.

Атом различно реагирует на удары квантов разной энергии. Чем мощнее квант, тем дальше совершает свой «прыжок» от ядра электрон, а отсюда — тем больше частота и меньше длина волны излучаемого света.

В частности, фотон может образоваться за счет световой же энергии. Главную роль играет здесь не интенсивность света, а частота колебаний. Даже самый мощный поток красного света (низкая частота) не в состоя-

ний оторвать от ряда металлов ни одного электрона. В то же время самый слабенький голубой свет (высокая частота) сравнительно легко освобождает электроны.

«Возбужденный» атом следует рассматривать как частицу, которая вместе с энергией кванта приобрела и его массу. Килограмм вещества, атомы которого «возбуждены», будет на какую-то стотысячную долю миллиграмма тяжелее, чем это же вещество, состоящее из «невозбужденных» атомов.

Бывает и так, что электрон не сразу «вернется домой», а сначала «погостит» миллионную долю секунды где-то на промежуточном «этаже». Так, спуская его по «ступенькам», атом вместо одного фотона одной длины волны выбросит два фотона разной длины волны.

Такие «прыжки» наружных электронов сопровождаются излучением световых лучей, а внутренних — близких к ядру — испусканием ультрафиолетовых и рентгеновских лучей (волн).

Чтобы атом начал излучать ультрафиолетовые лучи, необходимо воздействовать на него квантами энергии, несущими десятки электроновольт. Более мощные кванты, энергия которых равна десяткам и сотням тысяч электроновольт, становятся причиной появления рентгеновских лучей.

Длина волны рентгеновских лучей колеблется в пределах от стотысячной до стомиллионной доли миллиметра. Этим и объясняется их способность проникать сквозь тела. То, что не прозрачно для световых, прозрачно для рентгеновских лучей с длиной волны, приближающейся к размерам одиночного атома.

Рентгеновские лучи обладают и другими интересными свойствами: вещества с разной плотностью по-разному их поглощают, некоторые вещества под их воздействием начинают светиться (рентгенолюминесценция). Они действуют на фотопластинку подобно свету и вызывают ионизацию воздуха. Эти процессы рационально используются в науке, технике и промышленности.

Врачи при помощи рентгеновских лучей наблюдают внутренние органы больных (рентгеноскопия), инженеры выявляют скрытые трещины в металле (рентгенография). Химики используют эти лучи для определения состава неизвестных химических соединений (рентгеновский спектральный анализ).



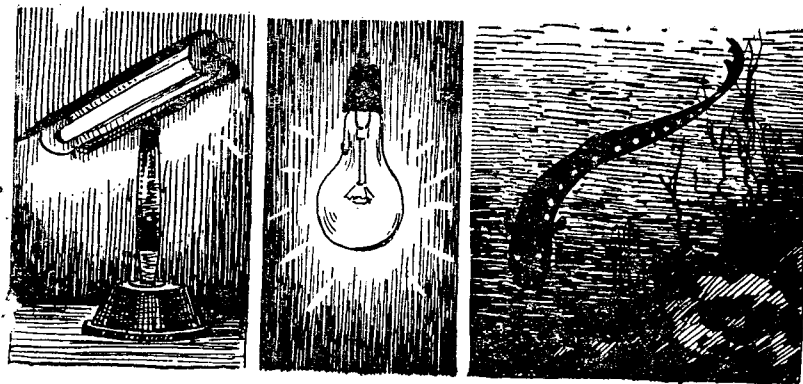
Схема рождения света. Различные
слева направо — свет расплавленно
света, электрический

Каждому атому, как оказа-
лось, соответствует вполне оп-
ределенная частота характе-
ристических рентгеновских лучей,
растущая с увеличением по-
рядкового номера элемента в
таблице Менделеева. Устано-

вив это, ученые теоретически вычислили частоты харак-
теристических рентгеновских лучей, которыми должны
обладать не известные еще химические элементы, распо-
ложенные в пустовавших 72-й и 75-й клетках, а затем
обнаружили их в результате исследования рентгеновских
лучей разных веществ. Указанные клетки таблицы Мен-
делеева были заселены химическими «жильцами»: гаф-
нием и рением.

Физикам рентгеновские лучи помогают изучать стро-
ение вещества (рентгеновский структурный анализ).
При помощи этих лучей удалось рассмотреть, как рас-
положены атомы в различных кристаллах, и вычислить
расстояние между ними. Например, одни и те же атомы
углерода образуют при одном строении кристалла дра-
гоценный алмаз, а при другом графит.

В кристалле алмаза, как показали рентгеновские лу-



виды излучения в технике и в природе:
го металла; свет раскаленного металла; лампа дневного
свет, «живой» свет

чи, все атомы размещены на одинаковом (1,54 ангстре-
ма) расстоянии друг от друга. Благодаря их необычайно
плотной «упаковке» алмаз обладает большой твердо-
стью.

В кристаллах графита атомы углерода кристаллизу-
ются в виде шестиугольных пластинок с расстоянием
между атомами 1,45 ангстрема. Эти пластиночки не-
прочно лежат друг на друге, поскольку пространство
между ними относительно велико (3,4 ангстрема). Вот
почему кристалл графита легко раскалывается даже
при легком нажиме карандаша на бумагу, оставляя се-
рый след — тоненькие листочки графита.

Работа фотонов

От смещения электронов в атомах на ничтожно ма-
лое расстояние пылает вольтова дуга и излучает сияние
нити электрической лампы накаливания. Многообразные
виды излучения, будь то светящийся циферблат часов
или свечение раскаленного металла, мягкий свет лю-
минесцентных светильников или «фонарики» глубоко-
водных светящихся рыб — все они рождаются электро-
нами.

В зависимости от того, с какого энергетического уровня и на какой «путешествуют» электроны, атомы освобождают фотоны, могущие быть лучом красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего или фиолетового цвета.

Каждый химический элемент образует только свойственный ему спектр — «портрет», по которому можно узнать данный элемент в различных соединениях. Такое свойство позволяет химикам при помощи специальных приборов — спектроскопов производить химический анализ различных веществ.

«Световые гонцы», которые идут к нам от звездных миров, оказались своеобразными небесными иероглифами. Спектроскопы дают возможность расшифровывать их, и ученые узнают, какие химические элементы входят в состав изучаемых звезд.

Различные вещества обладают разной способностью поглощать свет, превращая энергию фотонов в тепловую, электрическую, химическую и другие виды ее.

Часть света, падающего на вещество, обычно отражается. Наиболее интенсивное отражение происходит от границы двух сред (воздуха и воды) и от различных неоднородностей в среде (дым в воздухе).

Если тело, на которое падают световые лучи, отражает все составляющие светового спектра, то мы воспринимаем его как белое или серое. Если же оно избирательно отражает световую энергию определенного участка спектра, то мы видим его окрашенным в какой-либо цвет.

Что такое цвет

Цвета самого по себе независимо от материальных тел не существует. Есть лишь цветовые ощущения, вызываемые воздействием световых раздражителей на сетчатку глаза и связанную с ней нервную систему.

Ученые полагают, что в сетчатке имеется три рода нервных волокон, специализированных на приеме световых лучей определенной длины волны.

Возбуждение одного рода нервных волокон дает ощущение красного цвета, возбуждение другого — ощущение зеленого, возбуждение третьего — ощущение синего. Возбуждение всех трех видов нервных волокон при силь-

1
ном раздражении вызывает ощущение белого, а при слабом — серого цвета. Из этой теории цветового зрения следует, что впечатление любого цвета и всевозможных тонов получается смешением трех основных цветов: красного, зеленого и синего.

Когда мы смотрим на картину художника, то идущие от нее световые лучи с разной длиной волны рождают у нас различные цветовые ощущения, и все это воспринимается как симфония красок.

Солнце щедро дарит нашей планете световые лучи с различной длиной волны. Но только те из них, которые имеют длину волны от 380 до 760 миллионов долей миллиметра, способны вызывать в приемнике нашего зрения — глазу — те или иные цветовые ощущения.

На шляпке гриба-мухомора размещено вещество, способное отсортировать из солнечного света лучи, имеющие длину волны 647—760 миллионов долей миллиметра. Отраженные от шляпки гриба, эти лучи воздействуют на наше зрение, вызывая ощущение красного цвета.

Вещество лепестков одуванчика как бы отталкивает лучи с длиной волны 535—586 миллионов долей миллиметра, и наши глаза фиксируют их как желтый цвет. Однако если освещать их пучком света, не имеющим лучей этой длины волны, то одуванчик будет выглядеть черным.

Трава отфильтровывает и отбрасывает от себя лучи, длина которых составляет 492—535 миллионов долей миллиметра.

Незабудка отражает лучи с длиной волны 456—492 миллионные доли миллиметра. Мы воспринимаем их голубыми.

Лепестки василька поглощают все лучи, за исключением тех, которые имеют длину волны 424—456 миллионов долей миллиметра. Отражаясь, они вызывают у нас ощущение синего цвета.

Кора березы отражает все лучи видимого спектра. Их суммарное воздействие через глаз на нашу нервную систему рождает белый цвет.

Сажа, наоборот, почти все лучи поглощает. Оттого она и кажется черной, как все предметы ночью.

Таким образом, цвет тел есть результат избирательного поглощения и отражения лучей солнечного света.

Каждому цвету соответствует световое излучение со строго определенной длиной волны.

Уяснив, что такое цвет, вернемся опять к атому, то есть к той колыбели, где рождается фотон света.

«Оперирование» молекул

Люди научились, словно опытные хирурги, производить сложные операции в молекулярном организме. Для этого они пользуются необычным инструментом — фотоном.

В их инструментарии есть фотоны инфракрасных, световых и ультрафиолетовых лучей, обладающие различной энергией. У фотонов ультрафиолетовых лучей она достигает такой величины, что может «разрезать» молекулы газов на атомы. Обычно же энергия фотонов ультрафиолетовых лучей равна десяткам электронов-вольт, энергия видимых лучей — несколькими единицам, а инфракрасных — меньше одного электронов-вольта.

Фотоны, порождаемые электронами внутренних слоев атома, имеют энергию от десятков тысяч до сотен тысяч электронов-вольт. Это рентгеновские лучи (волны).

Фотоны, испускаемые атомными ядрами радиоактивных элементов, так называемые гамма-лучи (волны) обладают энергией от нескольких сотен тысяч до 20 миллионов электронов-вольт.

Ученые получили искусственным путем фотоны с энергией, измеряемой сотнями миллионов и миллиардами электронов-вольт. Ими можно разбить на части атомное ядро.

Молекула, подобно всякому материальному телу, обладает объемом и формой, поскольку она построена из материальных частиц — атомов. Она является наименьшей частицей — носителем свойств вещества.

Поглощенный квант света вызывает в молекуле физическое или химическое изменение. Энергия кванта или разорвет химическую связь в молекуле, отчего она распадется на две части, или присоединит к молекуле одного вещества молекулу другого. Этой энергии может хватить и на то, чтобы переместить один из атомов внутри молекулы. Так, некоторые бесцветные красители под воздействием ультрафиолетовых лучей отдают два атома водорода другому веществу и приобретают окраску.

Метиленовый голубой краситель, наоборот, при облучении присоединяет водород, беря его от легко отдающего вещества, и в связи с этим выцветает, что связано с перестройкой его молекулы под влиянием энергии фотона.

Выцветание тканей причиняло много беспокойства текстильщикам и заставляло их на протяжении десятилетий заниматься поисками устойчивых красителей. Раскрытие сущности процесса выцветания помогло решить эту задачу и, кроме того, дало возможность сделать целый ряд необычайно важных открытий, используемых сейчас в фотографической технике.

В фотоэмульсии атомы брома химически соединяются с атомами серебра благодаря присоединению одиночного электрона наружного слоя атома серебра к семи электронам атома брома. Образовавшиеся молекулы бромистого серебра кристаллизуются.

Падающие на фотопластинку фотоны заставляют один из электронов молекулы бромистого серебра в результате «возбуждения» возвращаться к атому серебра, и оно выделяется в фотоэмульсии в свободном виде. Этот процесс и вызывает почернение пластинки под действием света.

Число атомов серебра, выделяющихся в свободном виде, находится в прямо пропорциональной зависимости от количества действующих на него фотонов. Чем больше фотонов упадет на данную точку эмульсии, тем больше освободится атомов серебра и наоборот. Этот процесс позволяет получать на фотопластинке весьма качественные изображения.

Обычная фотоэмульсия в отличие от глаза воспринимает световые лучи в меньшем диапазоне. Она почти не чувствительна к лучам, имеющим длину волны от 500 до 760 миллионных долей миллиметра. Поэтому фотографы, проявляя снимки при красном свете, не боятся засветить их. Однако такая фотоэмульсия мало чувствительна к зеленым и почти совсем нечувствительна к желтым, оранжевым и красным лучам. Вследствие «цветовой слепоты» она дает неполноценные снимки.

«Не было бы счастья, да несчастье помогло» — говорит пословица. Не получить бы хороших снимков, да на выручку пришли плохие, цианиновые красители, от которых текстильщики отказались, потому что они выцветают на ткани от света.

Молекулы красителей

Легкость, с которой молекулы цианиновых красителей принимают фотон света, а затем снова отдают его в виде излучения, открыла им широкий путь в фотографии.

В фотоэмульсии бромистое серебро способно выделить атомы серебра лишь при воздействии коротковолнового излучения, то есть под влиянием лучей голубого, синего и фиолетового цветов. Лучи зеленого, желтого, оранжевого и красного цветов на бромистое серебро не действуют.

Добавляя в фотоэмульсию цианиновые красители — сенсibilизаторы¹, ей стали придавать чувствительность к зеленым, желтым, оранжевым и красным цветам.

Один из таких красителей — псевдоцианин, имеющий оранжевый цвет, сообщает фотоэмульсии чувствительность к зеленым и частично к желтым цветам. Фотопластинки с ним называют ортохроматическими, что в переводе означает «правильно передающие цвета». Название это не соответствует действительности, так как на снимке правильно передается только зелень растительных пейзажей, а не все цвета. Кроме того, ортохроматические пластинки совсем не удовлетворяют требованиям портретной съемки, где необходима чувствительность фотоэмульсии к оранжевым и красным цветам.

Недостаток ортохроматических пластинок химики устранили добавкой к фотоэмульсии синего красителя — пинацианола. Фотопластинки, в эмульсию которых введены красители-сенсibilизаторы, повышающие чувствительность к зеленым, желтым и красным цветам, называют панхроматическими, охватывающими все цвета.

Советские ученые проделали огромную работу по синтетическому получению красителей-сенсibilизаторов. Все новые и новые молекулы их строятся в лабораториях. При помощи сенсibilизаторов готовятся фотоматериалы для физиков, химиков, астрономов, рентгенологов.

В рентгенофотографии необходимо, чтобы фотопластинка была нечувствительна к лучам видимой части спектра, но реагировала на рентгеновские лучи. Это до-

¹ Сенсibilизаторы — органические красители, которыми обрабатываются фотографические материалы для придания им большей светочувствительности. (Прим. авт.)

стигается добавкой соответствующего красителя, который, окрашивая эмульсию, создает экран, не пропускаемый для световых лучей, но не задерживающий рентгеновских.

Раньше невозможно было производить съемки предметов, находящихся на большом расстоянии, мешало рассеивание световых лучей от плавающих в воздухе мельчайших пылинок, молекул газов и частиц воды, от чего даль казалась скрытой в синеватой дымке. Но рассеивание света частицами вещества зависит от длины волны этого света. У фиолетовых лучей рассеивание в шестнадцать раз больше, чем у красных. Поэтому в подобных случаях в фотоэмульсию добавляют красители-сенсibilизаторы, которые делают ее чувствительной к лучам красного цвета. Это позволяет получать довольно четкие снимки с расстояний, превышающих 100 километров.

Фотопластинки, чувствительные к инфракрасным лучам, особенно ценны для фотографирования таких «объектов» Вселенной, как далекие галактики, не видимые даже в самый сильный телескоп. Только красители-сенсibilизаторы позволили подтвердить их существование, запечатлеть их на фотопластинке, поскольку туманности испускают инфракрасные лучи.

Еще не так давно считалось, что для фотографирования обязательно нужны световые лучи — естественные или искусственные. Съемки в темноте и не мыслились.

Наука позволила перешагнуть этот барьер. Он существовал только для человеческого глаза, не воспринимающего инфракрасные лучи. Однако и невидимыми лучами, оказывается, можно пользоваться в фотографии.

Фотопластинка, обработанная соответствующим красителем-сенсibilизатором, позволяет делать снимки в темноте при условии, что предмет съемки освещен инфракрасными лучами.

Наряду с сенсibilизаторами в фотографии иногда необходимы красители, уменьшающие чувствительность фотоэмульсии к свету, — десенсibilизаторы. Они также созданы химиками.

Много хлопот доставляет фотографу проявление фотопластинок. Если ортохроматические пластинки можно освещать красным светом, то для панхроматических нужно абсолютное отсутствие света.

Химики создали фотоматериалы, позволяющие проявлять негативы и позитивы при свете. Добавкой специальных красителей — десенсибилизаторов они уменьшают чувствительность фотоэмульсии к отдельным участкам светового спектра. Фотопластинки и пленки, покрытые таким составом, можно обрабатывать при красном или желтом свете.

Светящиеся молекулы

Ежедневно, как только Солнце скрывается за горизонтом, мы включаем электрическую лампу, и электроны заставляют вольфрамовую проволочку конкурировать с дневным светом. Однако в световую энергию превращается при этом менее одного процента энергии, получаемой от сжигания топлива на электростанции. Иными словами, оплачивая электроэнергию по счетчику, мы из каждого рубля получаем света лишь на копейку, а остальные 99 копеек вынуждены вносить за всевозможные потери.

Подобное расточительство при электрическом освещении является следствием того, что химическую энергию приходится переводить сначала в тепловую, затем в механическую, электрическую и, наконец, в световую.

Но и от электролампы мы не получаем всей дошедшей до нас энергии. Почти 97 процентов ее теряется в виде тепла, и только около 3 процентов используется как свет — настолько несовершенны еще лампы накаливания.

Выходит, с учетом неэкономичности лампы мы получаем от нее света даже не на копейку, как сказано выше, а всего на 0,03 копейки.

Таким образом, лампу накаливания следовало бы правильнее назвать нагревательным, а не осветительным прибором.

Намного экономичнее станет лампа, если мы будем пропускать в ней электрический ток не через металл, а через газ. Электроны, пролетая в газе, возбуждают его атомы и ионизируют их. Ионизированный газ — проводник электричества, а «возбужденные» атомы — источник света. Поэтому в некоторых газосветных лампах около 70 процентов потребляемой ими энергии превращается в свет.

Советские ученые под руководством академика С. И. Вавилова открыли еще более экономичные источники света: они получили составы, светящиеся в темноте.

— В чем секрет подобного свечения? — спросите вы.

Чтобы ответить на этот вопрос, придется сделать небольшое отступление.

Обычную молекулу можно представить в виде площадки, занимающей 10^{-14} квадратного сантиметра. Не вся она прозрачна для падающих световых лучей. Подсчитано, что непроницаемая часть молекулы в 100 раз меньше всей ее площади. Как только квант ударяет в эту непроницаемую часть, он поглощается, а электрон за счет поглощенной энергии переходит на высший энергетический уровень. При возвращении его на низший уровень излучается фотон света.

Такое излучение называется люминесценцией (от латинского слова «люмен» — свет). Причем энергия фотона излучаемого света, как правило, меньше энергии, поглощенной молекулой люминесцирующего вещества. Эта особенность открывает интересные возможности. Например, воздействуя на одни люминесцентные вещества ультрафиолетовыми лучами, можно получать видимый свет, а возбуждая другие синими лучами, — зеленую люминесценцию. Оранжевое свечение возникает при облучении некоторых веществ зелеными лучами и т. д.

Свечение веществ под воздействием света (люминесценцию) принято разделять на флуоресценцию и фосфоресценцию. Если оно прекращается сразу или спустя 0,001 секунды после выключения возбуждающего света, то это — флуоресценция. Свечение же, длящееся более 0,001 секунды, называют фосфоресценцией.

Длительное свечение различных веществ после облучения известно в науке как послесвечение.

Некоторые кристаллические вещества обладают способностью сохранять послесвечение в течение нескольких часов. Их называют кристаллофосфорами, или люминофорами. Порошок сернистого цинка с небольшой примесью меди, облученный ярким солнечным светом и перенесенный затем в темную комнату, испускает голубовато-зеленые лучи.

Если в сернистый цинк ввести небольшое количество радиоактивного вещества, испускающего частицы, на-

пример ядра атомов гелия, то непрерывная бомбардировка люминофора такими частицами вызовет свечение.

Сернистый кальций также способен запасаться солнечным светом, а потом отдавать его в виде свечения.

Кристаллофосфоры — своеобразные аккумуляторы солнечной энергии. Цвет их свечения зависит от металла, взятого в качестве примеси к основному веществу, и от способа приготовления люминофора. У сернистого цинка, например, цвет свечения меняется от красного до синего.

Люминесценция может быть вызвана не только лучистой энергией. Она возникает также за счет механической энергии. Сахар-рафинад светится, когда его колют. В темноте это хорошо видно.

Если положить на наковальню несколько кристалликов азотнокислой соли урана и ударить по ним молотком, они озарятся красивым зеленым светом. Люминесценция, возникшая от удара или трения, называется трибolumинесценцией.

Некоторые тела излучают свет под действием рентгеновских лучей (рентгенолюминесценция).

Экран телевизора светится под влиянием падающих на него электрически заряженных частиц — электронов. Это так называемая катодолюминесценция. Без нее немислимы телевидение и радиолокация.

Люминесценция в технике и в быту

В трубке телевизионного приемника электронный луч движется по люминесцирующему экрану. Приходящие сигналы управляют интенсивностью электронного луча во время его пробега по экрану, что в свою очередь сказывается на яркости свечения люминофора. В результате получаются темные и светлые пятнышки, составляющие изображение.

В радиолокации электронный луч рисует на люминесцирующем экране светящуюся кривую. Приходящий сигнал регистрируется на этой кривой в виде всплеска.

В тех случаях, когда требуется несколько задержать изображение на экране, используют специальные люминофоры, обладающие большим послесвечением.

Катодолюминесценция помогла ученым разрешить еще одну проблему — видение в темноте. Это удалось сделать при помощи электронно-оптического преобразователя, представляющего собой стеклянную трубку с двойным дном. Из междудонного пространства такой трубки выкачан воздух. На внутреннюю поверхность одного дна нанесен тонкий слой соединений металла цезия (фотокатод), а на внутреннюю поверхность другого дна — тонкий слой люминофора. Если на наружную поверхность фотокатода направить инфракрасные лучи, то они, пройдя сквозь стекло, «вырвут» электроны из цезия. Те в свою очередь, будучи направлены при помощи электронной оптики на люминесцирующий экран, вызывают его свечение.

Так невидимые лучи преобразуются в световые, а изображение какого-либо предмета переходит с фотокатода на люминесцирующий экран.

Применение люминесценции чрезвычайно многообразно.

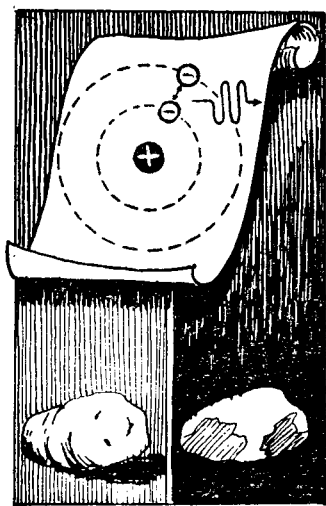
Спектр излучения и длительность свечения у каждого люминесцирующего вещества свои. Эта особенность положена в основу так называемого люминесцентного анализа.

Облучая вещество возбуждающими люминесценцию лучами, можно обнаружить в нем примеси, составляющие стомиллиардные доли грамма. При этом анализируемое вещество не подвергается изменению, как при химическом анализе.

При солнечном свете многие вещества выглядят обычными, но стоит только осветить их ультрафиолетовыми лучами, как по оттенкам люминесценции в них становятся заметны изъяны. Таким способом можно отбраковывать больной картофель, отделять несвежую рыбу от свежей, обнаруживать трещины на деталях машин и распознавать урановые руды.

Инженеры пользуются люминесцентным анализом для проверки металлических изделий. Они наносят на изделие тонкий слой люминесцентного вещества. Затем, смыв его, освещают деталь ультрафиолетовыми лучами, и все ее дефекты становятся отчетливо видны.

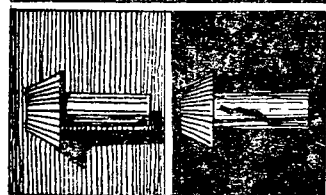
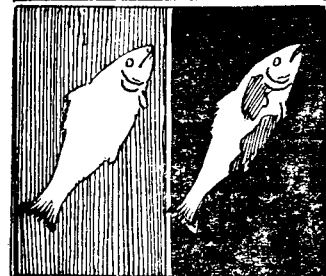
Химики контролируют методом люминесцентного анализа качество реактивов, геологи используют его для



определения состава горных пород. Медики при помощи люминесцентного анализа устанавливают чистоту лекарственных веществ, проверяют пищевые продукты на зараженность их болезнетворными микробами. Новый метод успешно применяют в своей работе также археологи, механики и специалисты других областей науки и техники.

Ученые открыли способы приготовления специальных красок, люминесцирующих разными цветами. Советские художники не замедлили использовать их в декоративной живописи. Они создали светящиеся в темноте театральные декорации и картины. Эти краски, наносимые на лицо актера в виде специального грима, усиливают сценическое воздействие на зрителя.

Имеются краски, которые, будучи невидимыми при обычном освещении, обретают свои необыкновенные оттенки под воздействием ультрафиолетовых лучей. Они позволяют производить на сцене театра мгновенные волшебные превращения. Во время постановок по мотивам народных сказок дремучий лес на гла-



При дневном свете

При ультрафиолетовом освещении

зах у зрителей преобразается в море со множеством цветных рыб и растений, с кораблями, плывущими по воде.

Люминесценция дает возможность переводить в свет любую форму энергии: механическую, электрическую, химическую и даже лучистую, минуя при этом тепловое звено. Очень важно также заменить неэкономичный электрический свет люминесцентным.

Подсчеты показывают, что каждая стоваттная лампа люминесцентного света экономит за свою «жизнь» около 2 тысяч киловатт-часов энергии, потребляя ее втрое меньше, чем лампа накаливания. По всей стране у нас ежегодно расходуется на освещение примерно 15 миллиардов киловатт-часов электрической энергии. При новых лампах государство сэкономило бы каждый год чуть ли не 10 миллиардов киловатт-часов энергии стоимостью около 2 миллиардов рублей.

Советские ученые получили светящиеся составы «постоянного» действия. Роль фотонов выполняют в них лучи радиоактивных веществ, добавленных в ничтожных количествах. Покрывая таким составом потолок, можно изготовить новый тип лампы, не нуждающейся в аккумуляторах или каких-либо иных источниках электроэнергии. Срок службы ее измеряется десятилетиями и определяется скоростью распада радиоактивного вещества.

С появлением люминесцентных ламп даже само понятие «лампа», обозначающее нечто хрупкое и недолговечное, теряет свой смысл. Появляется прочный, «вечно» действующий светильник.

Химическое освещение

Сказочно красиво выглядит ночное свечение моря с борта корабля. Лишь только нос его коснется воды, как из таинственных глубин как бы выливается на поверхность расплавленное серебро. А за кормой расстилается огромный огненный ковер.

Эту феерическую картину создают микроскопические живые искорки, так называемые «ночесветки».

Море богато светящимися животными. Одни из них вспыхивают зеленым смарагдом, другие отливают лиловым аметистом. На дне моря то фиолетовыми, то красными, то оранжевыми огнями светятся коралловые ку-

сты. В воде, словно зажженные люстры, плавают медузы. С «горящими фонариками» бороздят морские глубины рыбы.

Но не только море является обладателем светящихся в темноте существ. Их можно найти и на земле. Правда, в меньшем количестве. Это микроскопические тельца, заселяющие пни и грибы, и «ивановы светлячки».

Ученые давно уже заинтересовались веществом, которое излучает свет в организмах светящихся животных. Из «фонарика» светлячка удалось выделить два вещества: люциферин и люциферазу. Каждое в отдельности не испускает видимых лучей, но при слиянии они дают свечение.

И люциферин и люцифераза представляют собой сложные белковые соединения. Люциферин способен окисляться кислородом воздуха и переходить в оксильюциферин. Реакция окисления сопровождается выделением кванта энергии, который поглощает люцифераза, выделяя взамен него фотон света. Люцифераза в процессе окисления играет роль биологического катализатора — фермента.

Подсчеты показали, что химическая энергия, обеспечивающая «живой» свет, необычайно экономично используется организмом светящихся животных. Около половины энергии окисления превращается в световую, остальная расходуется в виде тепла. Это намного превышает экономичность всех применяемых человеком источников света.

Почему же люди до сих пор не используют химическую реакцию для освещения? Да только потому, что и люциферин и люцифераза имеют очень сложные молекулы, состоящие из сотен тысяч атомов. Синтезировать их пока не удалось.

Но химикам все же известны другие реакции, при которых за счет химической энергии можно получить световую. Ацетилен, взаимодействуя с хлором, дает яркое пламя, имеющее температуру 80 градусов. Окисление перекисью водорода щелочного раствора пирогаллола и формалина сопровождается кратковременным свечением в течение нескольких минут. Однако при этих реакциях в энергию светового излучения превращается лишь ничтожная доля химической энергии.

Недавно открыты в тысячу раз более экономичные реакции, сопровождающиеся свечением.

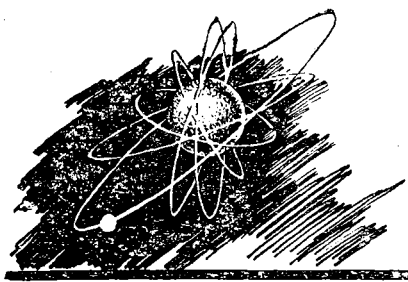
Реакция окисления перекисью водорода щелочного раствора триаминофталиевого гидразида сопровождается замечательным по красоте ярко-голубым свечением, длительность которого исчисляется часами и даже днями. Красивое зеленое свечение в течение нескольких часов дает и окисление перекисью водорода диметилдиакридиловых солей.

Таким образом, первые шаги на пути к овладению «живым» светом сделаны.

Недалеко то время, когда эти процессы перейдут из химических лабораторий в заводские корпуса и жители любого уголка нашей страны будут иметь химическое освещение.

До сих пор мы говорили о том, как ведут себя электроны внутри своего маленького домика — атома. А что будет, если этот беспокойный «житель» вдруг покинет атом?





УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОН

«Бродячие» электроны

Когда атомы соединяются в молекулы, то образующаяся новая частица, как правило, слабее проявляет и магнетизм и способность к дальнейшим химическим превращениям. В молекулах связь электронов с ядрами атомов прочнее, чем в отдельных атомах. Если из таких молекул образуется кристаллическое тело, оно приобретает ярко выраженные свойства изолятора, то есть вещества, не проводящего электрический ток.

Иное наблюдается в кристаллах, состоящих не из молекул, а из атомов. При охлаждении жидкого металла составляющие его атомы вследствие ослабления теплового движения сближаются. Между ними сильнее проявляется междоатомное притяжение. А поскольку эти силы у одинаковых атомов равны, то при соединении они образуют правильные группы — кристаллы, в которых атомы сближаются настолько, что их внешние электроны теряют связь с ядром своих атомов, становясь достоянием любого другого ядра, и могут свободно перемещаться в металле.

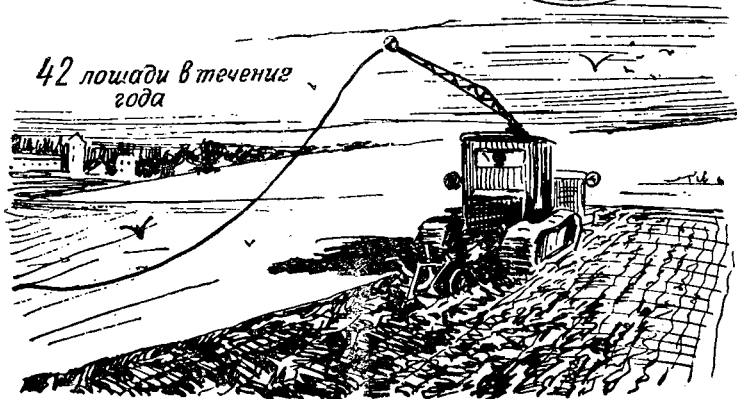
Таково строение большинства металлов независимо от того, сколько электронов из внешнего слоя освободи-

ли атомы для свободного путешествия по межатомному пространству.

В кристалле металла атомы располагаются в виде пространственной решетки. Свободные электроны перемещаются между атомами подобно жидкости с той только разницей, что электронная жидкость налита не в сосуд, а в кристаллическую решетку, предположили ученые. Догадка логична, а вот как ее проверить? Решение подсказал следующий опыт.

В стакан, подвешенный на нитке, налили воду. Закручивая нить, заставили быстро вращаться сосуд и его содержимое. Когда затем быстро остановили стакан, то вода в силу инерции не сразу прекратила враще-

1 МГВТ
электрической
энергии
экономит

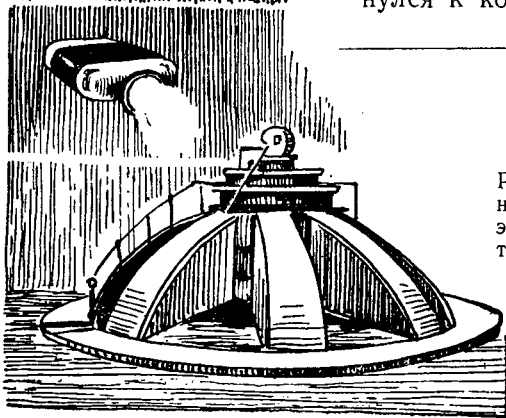
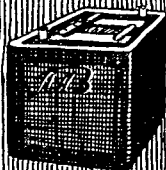


Что может дать 1 мегаватт электрической энергии



ние. «Если свободные электроны подобно воде действительно перемещаются между атомами под воздействием механических сил, — подумали ученые, — то это можно проверить, проведя аналогичный эксперимент».

Они взяли металлическое кольцо и придали ему быстрое вращение по часовой стрелке. Находившаяся поблизости от кольца магнитная стрелка никак не реагировала на происходящее. Однако ее поведение моментально изменилось, как только вращение прекратили. Южный полюс ее сразу повернулся к кольцу, указывая на



Различные виды источников электрической энергии: сверху вниз — тепловая электрическая станция, термоэлектродвигатель, аккумулятор, карманный фонарик с батареей, генератор гидроэлектростанции

то, что в нем появился электрический ток. Значит, это по инерции продолжали двигаться свободные электроны, потому что электрический ток есть упорядоченное движение электронов по проводнику. Чтобы поддерживать такое движение, необходимо иметь специальный возбудитель, непрерывно вызывающий перемещение электронов по замкнутой цепи. Таким возбудителем, например, в аккумуляторе является электрическое поле, рождаемое химической энергией, а в динамомашине — магнитное поле, возникающее под воздействием механической энергии.

С открытием электронных возбудителей появилась возможность превращать механическую энергию воды, ветра или пара в электрическую и использовать ее для производства различных работ за сотни километров от места получения.

Линии электропередач — это электронные реки, несущие по проводам энергию, которая дает свет и тепло городам и селам, приводит в движение электропоезда, заставляет работать станки и механизмы на фабриках и заводах.

Электричество помогает нам выполнять многие трудоемкие работы, улучшает наш быт.

Легкий нажим кнопки — и небольшая порция электронов «оживляет» электрический звонок. Один поворот выключателя — и темнота в комнате сменяется ярким светом. Электричество кипятит воду, нагревает утюги и плитки, иными словами, делает то, что выполнял прежде огонь.

Электроны и свойства металлов

Свободные электроны определяют многие свойства металлов. Если их достаточно для того, чтобы связать положительные ионы, то металл пластичен. Когда же свободных электронов мало, он становится хрупким.

Из-за плохой связи электронов с ионами ухудшается теплопроводность.

Положите перед собой металлический и деревянный предметы. Прикоснитесь к ним рукой и определите, какой из них холоднее. На ощупь холоднее покажется первый, хотя температура обоих одинакова. Это объясняется тем, что тепло руки, прикоснувшейся к металлу,

быстро отводится свободными электронами вглубь. Кровь не успевает пополнять потерю этого тепла, и мы воспринимаем поверхность металлического предмета как более холодную. В дереве свободных электронов почти нет, и поэтому отвод тепла не происходит здесь так быстро, как в металле.

При плохой связи электронов с ионами возрастает электропроводность, потому что свободно движущиеся электроны переносят электрический заряд.

Свойство проводить электрический ток можно придать и некоторым неметаллическим телам, если подвергнуть их большому давлению. Фосфор под давлением в 40 тысяч атмосфер проводит электрический ток. Ученые полагают, что при таких условиях здесь, как и в металле, электроны наружных слоев обобщаются. Снятие давления возвращает фосфору нормальные свойства: электроны занимают прежние места.

Электрическое сопротивление можно представить себе как «трение» электронов при движении их между атомами кристаллической решетки. Это свойство металлов человек научился выгодно использовать.

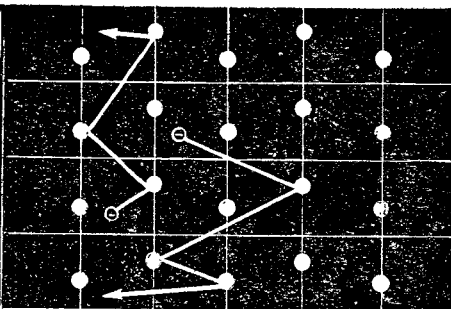
Тепло электрического утюга, плитки, чайника и других нагревательных приборов есть результат «трения» движущихся электронов о неподвижный «скелет» кристаллической решетки. Энергия электронов, переданная при этом атомам, порождает тепловое движение атомов, обеспечивая высокую температуру накала в специальных проводниках всевозможных электрических приборов или свечение вольфрамовой нити в электрической лампочке.

Атомы в кристаллической решетке все время совершают колебания. Интенсивность их зависит от температуры и от того, насколько правильно связаны атомы в кристаллической решетке.

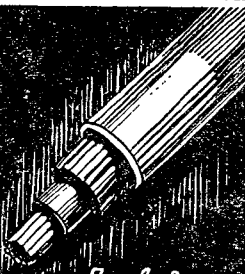
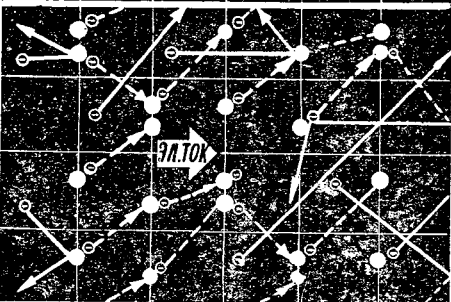
В металле колеблющиеся атомы вызывают сопротивление движению электронов. Исследуя зависимость электропроводимости от правильности кристаллической решетки, ученые убедились, что можно создавать сплавы с требуемым электрическим сопротивлением. Так был получен сплав манганин, обладающий одним и тем же сопротивлением при изменении температуры от нормальной до близкой к абсолютному нулю.



Изолятор



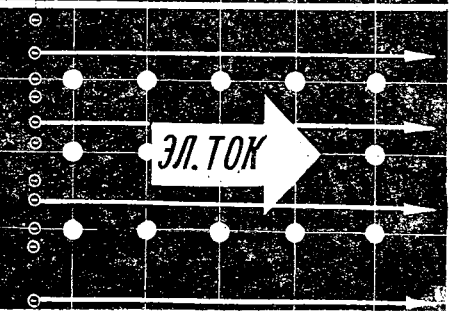
Полупроводник



Проводник



Сверхпроводник



А можно ли получить проводник, совершенно не имеющий сопротивления? Ученые, занимающиеся исследованиями в области сверхнизких температур, отвечают:

— Да, можно.

Тепловое движение атомов в кристаллической решетке при сверхнизких температурах настолько замедляется, что в таких металлах, как олово, свинец, ртуть, алюминий, цинк и некоторые другие, свободные электроны текут по проводнику совершенно без сопротивления.

В изоляторе свободных электронов или совсем нет или они имеются в очень малом количестве. Вследствие этого электропроводность у изолятора отсутствует. В полупроводниках свободных электронов больше. Поэтому они пропускают электрический ток. Однако здесь он намного слабее, чем в проводниках. В сверхпроводниках колебания атомов кристаллической решетки настолько уменьшаются, что электроны совсем не встречают препятствий при своем движении, и электрический ток еще усиливается.

Силовые поля

В металле свободные электроны наделены некоторой энергией движения, однако далеко не достаточной, чтобы оторваться от кристаллической решетки при комнатной температуре. Положение резко меняется, когда температура возрастает. Подобно тому как молекулы воды испаряются при нагревании, так и свободные электроны могут «испаряться» с поверхности металла благодаря повышению их энергии.

Но освободить электроны от ядерной зависимости — это еще далеко не все, если мы намерены заставить их работать в различных электронных приборах. Главное заключается в том, чтобы управлять их движением.

Это одно из замечательных достижений современной техники. В наши дни несметное количество электронов, вырванных из атомов, выполняют огромную работу. Ими управляют силовые поля.

Каждое тело представляет собой сложную систему, и от него в пространство простираются невидимые силовые лучи или линии, которые можно представить в

виде частиц (гравитонов, фотонов, мезонов)¹, излучаемых этими телами.

Все тела во Вселенной, находясь в постоянном движении, окружены силовыми полями, благодаря которым они и взаимодействуют между собой.

Положительно заряженный протон имеет электрическое поле, способное притягивать отрицательно заряженные электроны. Заряд электрона, наоборот, образует поле, удерживающее протоны. Силы этих полей обеспечивают появление нового качественного образования — электрически взаимоуравновешенного атома.

Вокруг движущихся зарядов рождается магнитное поле. В нем так же, как и в электрическом, силовые линии направлены от одного полюса к другому. При этом одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Ядерное поле появляется между ядерными частицами на расстояниях, примерно равных диаметру ядра атома водорода. Его силы одинаково крепко связывают в ядре как положительно заряженные частицы — протоны, так и не имеющие зарядов ядерные частицы — нейтроны.

Если какая-либо движущаяся частица попадет в сферу действия сил поля, то при совпадении направления ее движения с направлением действующих сил скорость ее возрастает, то есть кинетическая энергия² увеличивается. При противоположном направлении скорости движения частицы уменьшается, но зато увеличивается ее потенциальная энергия.

Теперь снова вернемся к электронам.

Быстрее света

В 1944 году советские физики Д. Д. Иваненко и И. Я. Померанчук теоретически предсказали, что электроны при движении в ускорителях со скоростями, близ-

¹ Гравитон — частица поля тяготения. Она пока не обнаружена, но существование ее предполагается.

Фотон — частица электромагнитного поля.

Мезон — частица ядерного поля. (Прим. авт.)

² Кинетическая энергия — энергия движущегося тела, энергия движения в отличие от потенциальной энергии, обусловленной взаимным расположением тел. (Прим. авт.)

кими к скорости света, должны терять часть своей энергии в форме видимого излучения.

Такой вывод не явился неожиданностью, так как еще в 1910 году немецкий ученый Шотт даже вывел формулы, подтверждающие, что движение электронов по окружности должно сопровождаться излучением.

Неожиданным было другое предположение наших ученых: излучение будет видимым.

Физики с нетерпением ожидали, подтвердится ли эта гипотеза опытами. И вот в 1947 году американец Поллок при работе с электронами, наделенными энергией в 80 миллионов электроновольт, установил, что они светятся и светятся именно так, как предсказали советские ученые.

Электрон был открыт еще в прошлом столетии. Но все данные, собранные о нем на протяжении полувека, ученые получили косвенным путем. А теперь он впервые засвидетельствовал реальность своего существования, излучая электромагнитные волны. Электронный пучок в ускорителе блестел яркой полоской голубовато-белого цвета. Прежде электрон, как уэллсовский человек-невидимка, мог быть обнаружен лишь по «следам», которые он оставлял на фотопластинке в камере Вильсона, или по вспышкам на люминесцирующем экране.

Впоследствии оказалось, что свечение электронов в ускорителе — не единственная возможность видеть эти частицы. Советский ученый П. А. Черенков, работавший под руководством академика С. И. Вавилова, в 1934 году открыл излучение электронов, появляющееся при движении их в какой-либо среде.

Химически чистые жидкости — воду, глицерин, серную кислоту — он облучал гамма-лучами. Отрываемые от молекул жидкости, электроны обладали скоростью движения большей, чем скорость распространения света в этом веществе, и поэтому испускали световые лучи.

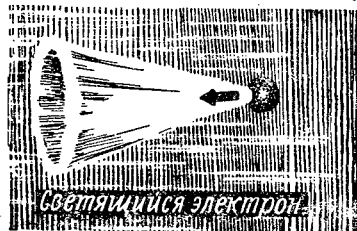
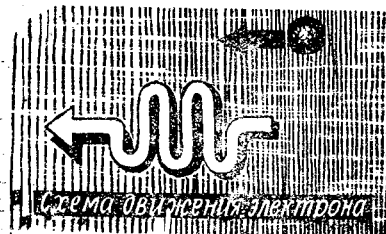
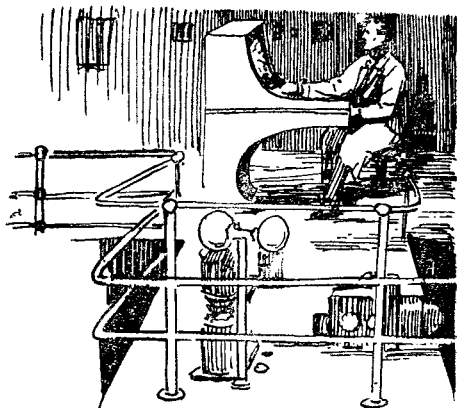
Подобное утверждение может вызвать у некоторых читателей недоумение, поскольку всем известно, что максимальная скорость, существующая в природе, есть скорость света, равная 300 тысячам километров в секунду. Но не следует забывать, что с такой быстротой свет распространяется в «пустоте». Черенков же изучал движение электронов в жидкостях, где скорость света

замедляется, а у электронов она остается такой же, как и в «пустоте». В воде свет проходит в секунду 225 тысяч километров, а электроны — почти 300 тысяч километров.

Движение электронов в химически чистых жидкостях сопровождается свечением в виде сияющего конуса, ось которого совпадает с направлением частиц. Раструб конуса направлен вперед от летящей частицы. Это явление называют теперь свечением Черенкова.

Новую теорию П. А. Черенкова обосновали в 1937 году советские уче-

Светящийся ядерный реактор. Схема движения светящегося электрона



ные И. Е. Тамм и И. М. Франк. Они доказали, что электроны, как электрически заряженные частицы, становятся источником излучения, если скорость их движения в определенной среде превышает скорость распространения в ней световых волн.

Открытие Черенкова относится не только к электронам, но и к другим электрически заряженным частицам, например, протонам, мезонам.

Как выяснилось, угол при вершине светящегося конуса зависит, во-первых, от скорости движения заряженных частиц и, во-вторых, от коэффициента преломления среды. Последняя величина обычно известна или в крайнем случае может быть легко измерена. Вот почему открытие советского ученого легло в основу способов определения скорости и даже направления полета быстрых частиц.

В настоящее время разработаны многочисленные методы регистрации заряженных частиц специальными приборами — счетчиками Черенкова. Они широко применяются учеными всех стран. В 1955 году, например, при их помощи были открыты античастицы — антипротоны.

Свечение Черенкова — мощное средство исследователей микромира. Физики используют его при изучении космических лучей, при экспериментах на ускорителях, дающих частицы большой энергии.

Из глубин мирового пространства на нашу планету непрерывно идет поток атомных ядер разных элементов — так называемые космические лучи. Во время своего путешествия по космосу они приобретают большую энергию за счет ускорения в силовых полях, через которые им приходится пролетать.

Частицы из космоса могут рассказать о многих процессах, происходящих во Вселенной, но для этого нужно знать их состав.

В настоящее время он еще недостаточно ясен. Имеются данные, что космические лучи содержат протоны, ядра атомов гелия — гелионы, углерода, азота, кислорода, лития, бериллия, бора и других элементов. Точно определить их количественный состав только с помощью стратосферных наблюдений нельзя, так как некоторое количество ядер распадается в атмосфере. Это стало

возможным после запуска советских искусственных спутников Земли.

Счетчики Черенкова были установлены на втором и третьем спутниках. Каждый такой аппарат имеет в первой своей части прозрачную пластинку из органического стекла. Попадая на нее, частицы высокой энергии из космического ливня проходят в среде органического стекла со скоростью, большей чем скорость света, и порождают известные уже нам световые вспышки, которые передаются через фотоэлектронный умножитель счетчика в виде импульсов на телеметрическую систему, а затем по радио на Землю. Так исследователи получают со спутника сообщения о зарядах атомных ядер, прошедших через счетчик. По этой величине они определяют, какие химические элементы преобладают в космических лучах.

Открытия советских ученых в области свечения электронов получили распространение во всем мире. В 1958 году шведская Академия наук присудила П. А. Черенкову, И. Е. Тамму и И. М. Франку Нобелевскую премию по физике.

В текущей семилетке в нашей стране будут созданы необходимые условия для еще более быстрого развития всех отраслей науки и осуществления важных теоретических исследований. Усилия советских физиков будут сконцентрированы на разработке проблем космических лучей, ядерных реакций, полупроводников.

Электрический глаз

Мы уже говорили о том, что в металлах много электронов, свободно движущихся в кристаллической решетке. Энергия их движения в некоторых металлах столь велика, что для «испарения» их достаточно воздействия световых лучей. На этом основано устройство специального прибора — фотоэлемента, который прекрасно «видит» в темноте и в тумане, «просматривая» расстояние, в сотни раз большее, чем самый зоркий человеческий глаз.

Во многих случаях фотоэлемент заменяет труд человека. Он регулирует температуру в термостатах, фотографирует, считает, взвешивает и выполняет сотни других, самых разнообразных работ. Как и человеческий

глаз, он обладает способностью превращать энергию световых лучей в другую энергию.

Фотоэлемент представляет собой маленькую стеклянную колбочку, на внутренней стороне которой поверхность серебра нанесена тончайшая пленка цезия, циркония, калия, натрия либо еще какого-нибудь чувствительного к свету металла.

К двум проводникам, выведенным из колбочки, прикреплены металлические ножки. Одна из них соединена со светочувствительным металлом — фотокатодом, а другая с входящим внутрь металлическим колечком — анодом.

Небольшое расстояние между катодом и анодом — все-таки огромный путь для ничтожно малых электронов. Если электрон мысленно увеличить до размеров футбольного мяча, изменив соответственно расстояние от катода до анода, то пролетаемый им путь будет примерно равен расстоянию от Земли до Луны.

Велика сила электрического поля, толкающего электрон. Футболист, если бы он обладал подобной силой, одним ударом забил бы мяч на Луну.

Фотоэлемент преобразует свет в электрическую энергию. Фотоны, падая на светочувствительный металл, повышают энергию свободных электронов, и они, порывая связь с ионами кристаллической решетки, вылетают из металла.

Если фотоэлемент в этот момент включен в электрическую цепь, то силовое поле, словно ветер, несет оторванные электроны от катода к аноду — это появляется электрический ток. Но стоит только погасить источник света, как мгновенно прерывается и поток электронов. Они остаются в сфере притяжения ионов кристаллической решетки, и ток в цепи прекращается.

При освещении фотоэлемента от катода к аноду каждую секунду проносятся миллиарды электронов, но электрический ток они дают весьма слабый. Его необходимо усилить, иначе он не в состоянии производить достаточно ощутимую работу.

Усилить электрический ток можно и в самом фотоэлементе, если наполнить колбочку неоном, аргоном или другим химически не активным газом. Электроны, выбитые фотонами из светочувствительного металла, на пути к аноду встретят молекулы газа и оторвут от них

новые электроны. Образовавшийся при этом ток в некоторых случаях все же необходимо еще усилить, что делают при помощи одной или нескольких радиоламп. Только тогда он в состоянии привести в действие электромагнитное реле — прибор, способный замыкать, размыкать и переключать электрические цепи, в которых протекают промышленные токи.

Фотоэлемент, объединенный с усилителем и электромагнитным реле и помещенный в небольшую коробочку, называется фотореле. Этот приборчик может выполнять самые разнообразные работы.

Фотореле постоянно соединено с источником света незаметным световым шнурком и срабатывает в момент обрыва светового луча при пересечении его непрозрачным предметом. Однако оно может и не иметь такого соединения, но все же отвечать на первое появление светового сигнала, на изменение силы светового потока и даже отличать лучи по цвету.

Электроны-труженики

Человек не в состоянии так быстро и точно реагировать на световые сигналы, как это делает фотоэлемент, немедленно отвечающий на почти неуловимые для глаза вспышки света.

Фотоэлемент фиксирует самые незначительные изменения в яркости света. В сотни раз точнее человеческого глаза различает он и оттенки цветов. Поэтому во всех случаях, где требуется особенно тщательный контроль продукции по цвету, применяют фотоэлемент. При его помощи сортируют плоды, проверяют степень белизны ткани, свежесть куриных яиц и т. д.

На производстве этот зоркий глаз выполняет сложные и ответственные операции: контролирует различные процессы, предупреждает об опасности и т. д. В лабораториях он производит точный анализ, туристам в горах позволяет разговаривать без проводов, находясь на значительном расстоянии друг от друга.

Фотоэлементы помогли также ученым озвучить кино.

Звуковая дорожка, наложенная на край киноленты, представляет собой ряд черточек с разной прозрачностью. Свет не везде одинаково проходит через них. Расшифровать эти неуловимые глазом светотени может

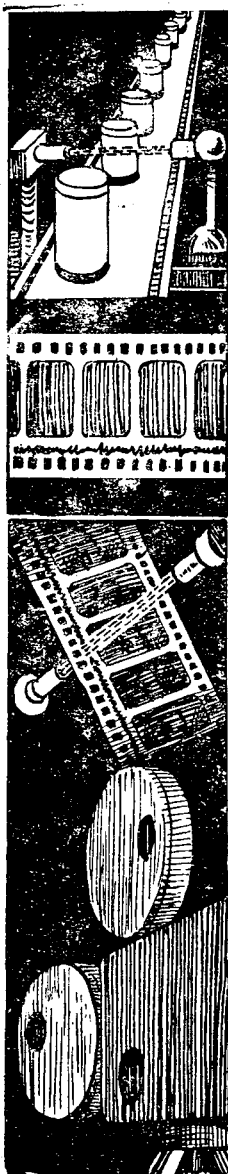
только фотоэлемент, в котором электроны светочувствительного металла способны «откликаться» на удар каждого фотона. Фотоэлемент в точности воспроизводит колебания силы света, которые действовали на кинопленку при звукозаписи. Соответственно этому меняется и сила тока. Если такой ток подать на громкоговоритель, то последний воспроизведет звук, записанный на пленку.

За последнее время техника связи обогатилась методом передачи фотографий, печатных и рукописных текстов на расстояние при помощи радиоволн. Основан он на некотором усовершенствовании фототелеграфа, от которого, однако, отличается тем, что не требует проводов.

Так же, как и на фототелеграфе, на станции отправления фотоэлемент «просматривает» передаваемое изображение участок за участком. Светлые места вызывают появление сигналов в виде более сильного электрического тока, а темные в виде более слабого. Ток усиливается и передается не по телеграфной линии на приемную станцию, а сначала на коротковолновую радиостанцию. Там сигналы вместе с радиоволнами излучаются в эфир. Радиоволны несут их на приемную станцию, где они снова преобразуются в электрический ток, который, управляя яркостью лампочки, рисует на фотобумаге передаваемое изображение.

Мы познакомились с теми приборами, где электроны отрываются фотонами видимого света. Но есть металлы, способные «испарять» электроны под воздействием инфракрасных лучей. На этом принципе основано устройство электронного телескопа.

Лампа накаливания дает много инфракрасных лучей. Их легко отделить от остальных посредством эбонитового фильтра. Такие лучи дают возможность видеть скрытые в темноте и в тумане предметы. Пучок их, направленный в пространство, отражается от встреченного препятствия. Часть лучей возвращается обратно и воспроизводит на фотокатode прибора, называемого электронно-оптическим преобразователем, электронное изображение облучаемого предмета (препятствия). Это изображение переносится затем на люминесцирующий экран и становится видимым. Так работают электронные телескопы, устанавливаемые на кораблях, в самолетах, на снайперских ружьях.

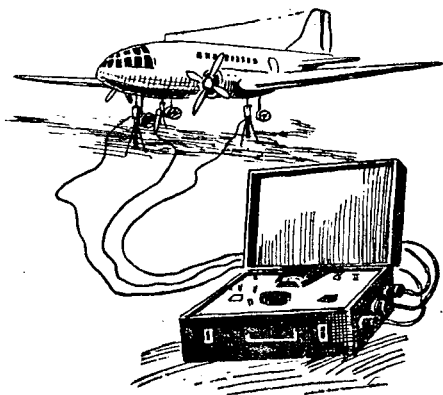


Различные области применения фотоэлементов: *сверху вниз* — счетчик готовой продукции на конвейере, расшифровка звуковой дорожки, наложенной на киноленту; *справа* — бакен с фотоэлементом

Электронные весы

Жизнь выдвигает иногда перед специалистами столь трудные задачи, что они на первый взгляд кажутся во все неразрешимыми или требуют создания громоздких и очень сложных устройств. Вот одна такая задача: как определить вес товарного поезда?

Вагонные весы существуют, а поездные?.. Какой же они должны быть величины?



Электронные весы

Если строить механические весы, то нужно делать их такими длинными, чтобы на них смог разместиться весь состав. Площадка подобных весов-левиафанов, если бы ее удалось создать, все равно не обеспечила бы необходимую точность взвешивания.

Оказывается, можно сравнительно легко взвесить поезд, стоит только применить электронную технику.

Советские специалисты сконструировали так называемые электронно-тензометрические весы, позволяющие определять вес состава во время движения.

Никакой курьерский поезд не угонится за электронами, работающими на новых весах. Давление тяжести груженого вагона передается на рельсы, отчего они прогибаются и происходит растяжение укрепленных на них тончайших проволок, представляющих собой тензо-

метрические датчики. Растяжение проволоочки датчика приводит к увеличению ее омического сопротивления. Соответственно этому меняется сила тока в цепи. Величина ее довольно точно характеризует вес вагона. Реле и другие электронные приборы суммируют результаты изменения силы тока после каждого прошедшего по рельсам вагона. В результате на пульте появляется цифра, указывающая вес поезда.

На взвешивание вагона такими весами затрачивается примерно 0,2 секунды. Общий вес большого товарного состава определяется всего за несколько минут, то есть за время прохождения его по рельсу, на котором укреплен тензометрический датчик. Так быстро взвешивать столь большие тяжести до последнего времени не могли ни одни весы.

Электронно-тензометрические весы, установленные на аэродромах, обеспечивают быстрое взвешивание самолетов, а на подъемном кране они определяют вес поднимаемого им груза.

Словом, с введением электронной техники весовое хозяйство поднялось на новую, более совершенную ступень.

Ток усилен в миллионы раз

Советский специалист Л. А. Кубецкий изобрел новый электронный усилитель. В небольшой стеклянной трубке он расположил несколько анодов, активизированных цезием. Каждый из них соединен с батареей гальванических элементов (или выпрямителем) так, чтобы в промежутке между анодами действовало силовое поле, последовательно ускоряющее движение электронов.

Первые одиночные электроны, «выбитые» из светочувствительного металла — катода, ударяют в первый анод и «вырывают» из него большое количество электронов, которые, попадая на другой анод, «выбивают» из него новые порции электронов и т. д. Количество отрицательно заряженных частиц нарастает лавинообразно, и в конце трубки возникает ток, усиленный в миллионы раз. Таким образом, трубка Кубецкого — электровакуумный прибор, намного более чувствительный, чем фотоэлемент. Она открыла новые возможности для применения свето- и теплочувствительных приборов как на

производстве, так и в научно-исследовательских институтах.

Металлурги при помощи таких приборов могут контролировать температуру во время плавки металла. Инженерам они позволяют конструировать автоматические станки с электронным управлением, работающие на огромных скоростях и обеспечивающие заданную по чертежам точность обработки изделия. Химики заставляют новые приборы наблюдать за течением химических реакций.

Все наши представления о космических телах до недавнего времени основывались на анализе световых лучей. Но часть этих лучей из-за их малой интенсивности выпадала из поля зрения астрономов. Теперь лучи — вестники далеких звезд могут быть усилены. Они расширяют наши познания о Вселенной.

Телевидение

Современные электронные приборы позволяют рассматривать звездные миры, сидя дома, видеть на экране телевизора передаваемые издали кинофильмы, спектакли, спортивные выступления.

Основы электронной передачи изображения на расстояние заложены профессором Петербургского технологического института Б. Р. Розингом. Он использовал для этого электронно-лучевую трубку, главной деталью которой является специальный прожектор, «светящий» мощным лучом из электронов.

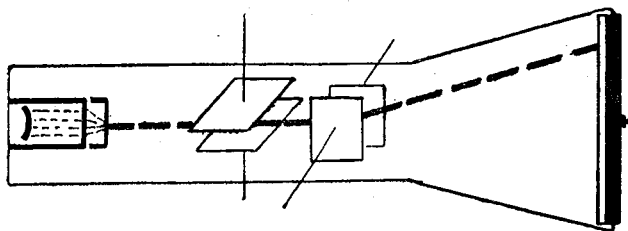
Луч такого прожектора выполняет в электронно-лучевой трубке роль электронного карандаша, воспроизводя на ее люминесцентном экране действия, происходящие где-то далеко. Он способен нарисовать на экране телевизора любую картину, на которую направлен объектив передающей телевизионной камеры.

Назначение камеры — преобразовать передаваемое изображение в электрические сигналы. Роль эту выполняет передающая электронно-лучевая трубка. Первая такая трубка изобретена у нас С. И. Катаевым. Он совместил в ней элементы приемной электронно-лучевой трубки со специальным фотоэлементом.

Его прибор представляет собой стеклянную колбу, в горлышке которой, несколько наклоненном вбок, нахо-

дится электронная пушка. На дне колбы размещен необычный фотоэлемент, точнее, множество малюсеньких точечных фотоэлементов — микроскопические зернышки светочувствительного металла, нанесенные изолированно друг от друга на поверхность слюдяной пластинки. Обратная ее сторона покрыта сплошным слоем металла.

Слюдяная пластинка, усыпанная огромным количеством светочувствительных зернышек, работает одновременно и как мозаичный фотоэлемент и как групповой конденсатор, поскольку положительному заряду каждого микроскопического фотоэлемента соответствует отрицательный заряд в металлическом слое на оборотной стороне пластинки.



Принципиальная схема электронно-лучевой трубки

Объектив телевизионной камеры наведен на передаваемый объект. Фотоны света от этого изображения падают на мозаичный фотоэлемент, являющийся фотокатодом, и «выбивают» из крупинок светочувствительного металла электроны. На мозаичном фотокатode появляется при этом электрическая фотография того объекта, от которого летят фотоны. Изображение его фиксируется в светочувствительном металле в виде электрических зарядов.

Темные части объекта посылают незначительное количество фотонов. Следовательно, соответствующие им места на фотокатode выделяют меньше электронов. Светлые, наоборот, испускают фотонов больше.

Негативная картина, нарисованная положительными зарядами с другой стороны фотокатода, дает позитив-

ный отпечаток, выполненный отрицательными зарядами электричества.

Каждая крупинка светочувствительного металла — это обкладка элементарного конденсатора, заряд которого зависит от интенсивности упавшего на точечный фотоэлемент света.

Полученное изображение невидимо для глаза, но его можно передавать на расстояние.

При помощи силовых полей электронный луч быстро обегает один за другим все микроскопические фотоэлементы, непрерывно разряжая их. Электроны «снимают» при этом с каждой крупинки мозаичного фотоэлемента положительные заряды. Одновременно из металлического слоя катода уходит в электрическую цепь и отрицательный заряд.

Сила возникающего электрического тока колеблется в зависимости от величины зарядов каждой крупинки — фотоэлемента. После усиления ток поступает на радиопередатчик, где создаются радиоволны, несущие телевизионные сигналы в эфир.

Вот они уже в телевизоре и, наконец, добрались до электронно-лучевой трубки с экраном из тонкого слоя люминофора, светящегося под воздействием электронов. На экране вспыхивают огоньки разной яркости, воспроизводящие передаваемое изображение. Электронный луч обегает весь экран за $1/25$ секунды. Мы не успеваем уловить за это время движение луча и его путь по экрану воспринимаем как цельную картину. Такая «медлительность» глаза была учтена при разработке принципа телевидения.

Человеческий глаз состоит из большого числа «фотоэлементов», так называемых колбочек и палочек. В них световая энергия трансформируется в химическую, а через посредство последней нервы передают зрительное изображение мозгу. От скорости протекания химической реакции, длящейся десятые доли секунды, зависит способность удерживать виденное в течение этого времени.

В предстоящей семилетке телевидение в нашей стране получит широкое развитие. Будет построено примерно 100 новых телевизионных центров и станций в сто-

лицах союзных республик, в крупных промышленных городах. Количество телевизоров в 1965 году увеличится на 12,5 миллиона. Намечается также внедрение цветного телевидения.

Дальность телепередач ограничена. Устойчивый прием их может быть осуществлен только в пределах прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Чем выше антенны, тем на более дальнем расстоянии возможен прием. Но очень высокие антенны строить сложно и дорого.

Советский ученый П. В. Шмаков предложил новый интересный метод увеличения дальности телевизионных передач. В воздух поднимается самолет, оборудованный приемо-передающей установкой. Находясь на высоте нескольких километров, он принимает телевизионную передачу из одного пункта и передает в другой.

Наши специалисты провели ретрансляцию телевизионных передач на линиях Москва — Ленинград, Москва — Смоленск, Смоленск — Минск. Опыты закончились успешно.

Вполне вероятно, что настанет время, когда будут установлены телевизионные ретрансляторы на искусственных спутниках Земли.

Возможно, со временем экраны телевизоров заменятся большими люминесцирующими полотнами, на них во всей своей прелести зацветут краски природы, а само изображение приобретет объемность. И мы, находясь в любом месте страны, сможем стать очевидцами событий, происходящих, допустим, в Москве.

Телевидение откроет нам тайны и богатства той части поверхности планеты, которая до сих пор еще скрыта под покрывающими ее водами. Оно позволит проникнуть в расщелины гор, в потухшие вулканы, заглянуть внутрь твердой оболочки Земли.

Промышленное телевидение

В практику нашего народного хозяйства все больше и больше внедряются методы управления процессами на расстоянии — телеуправление и методы измерения на расстоянии — телеизмерение.

Разработана система телеуправления, позволяющая по одной и той же паре проводов передавать при помощи электрических сигналов несколько десятков команд

и получать столько же обратных сигналов. Созданы приборы, передающие показания измерительной аппаратуры на сотни километров.

На Харьковском железнодорожном узле организовано телеуправление электроподстанциями. В помещении диспетчерского пункта находится пульт с измерительными приборами, ключами управления и сигнальными лампами. Перед пультом на стене висит щит, на который нанесена подробная схема электроснабжения узла.

Диспетчер, нажимая кнопку на пульте управления, посылает импульсы-распоряжения на телеуправляемую электрическую подстанцию и получает оттуда ответ; какова нагрузка и каково напряжение высоковольтных фидеров.

Если на линии произошло какое-либо повреждение, то на пульте появляются световые или звуковые сигналы.

Вот зазвонил звонок, и на диспетчерском щите замигала одна из красных ламп. Это на подстанции автоматически отключился масляный выключатель. Диспетчер нажал кнопку для повторного включения: заработало телемеханическое устройство. И тут же на щите загорелась зеленая лампочка: приказ выполнен, масляный выключатель в порядке.

При новой системе управления отпала необходимость иметь на станциях специальных дежурных.

Широко применяются у нас телемеханические устройства, позволяющие управлять на расстоянии целыми электростанциями. Рентабельность их очень высока.

Например, на гидростанции «Узбекэнерго» они позволили высвободить более шестисот человек, в системе «Главюжэнерго» — почти триста человек.

Кроме того, на этих станциях редкостью стали аварии, сократилось пусковое время агрегатов. Увеличилась общая выработка электрической энергии, так как теперь легче использовать максимальные напоры воды.

Телеуправление внедрено у нас и на нефтепромыслах. В Грузии создана специальная установка «ГМ-4», которая успешно применяется при телеуправлении глубинно-насосными скважинами, насосными и компрессорными станциями.

Широко применяется телемеханика на крупнейшей в мире Куйбышевской ГЭС.

Сотрудники Научно-исследовательского института телевизионной техники разработали несколько типов промышленных телевизионных установок «ПТУ». Самая портативная из них «ПТУ-О» способна передавать изображения на расстояние примерно в 300 метров. Она может работать на естественном освещении даже в пасмурную погоду.

На Московской ТЭЦ телевизионное устройство позволяет наблюдать на центральном пульте управления за тем, что происходит в котельной, знакомиться с показаниями установленных там приборов.

В Харькове на одном из заводов телевизионная установка помогает следить за работой резца на больших карусельных станках, где стенки высоких деталей не позволяют видеть качество их внутренней обработки.

В Коломне на заводе тяжелого машиностроения при помощи телевизионного устройства контролируют состояние режущего инструмента в местах, не доступных рабочему для наблюдения.

В Институте океанологии Академии наук СССР под руководством Н. В. Вершинского созданы установки для подводного телевидения. Работники этого института уже более десяти лет ведут исследования глубин Черного моря, изучают вопросы, связанные со строительством и эксплуатацией портовых сооружений. При помощи подводного телевидения они следят за поведением рыб на глубинах и возле сетей.

Подводные телевизионные устройства могут работать как с установками, излучающими видимый свет, так и с источниками ультрафиолетовых лучей. Дальность видения у такой установки равна примерно 20 метрам от объектива, глубина — несколькими сотнями метров.

Старший научный сотрудник Главной астрономической обсерватории в Пулкове Н. Ф. Купревич создал новый астрономический прибор, позволяющий наблюдать на экране телевизора небесные тела и поверхность близлежащей к Земле планеты — Луны.

Прибор Купревича сравнительно прост. Он состоит из телескопа с приемной электронно-лучевой трубкой, подобной тем, которыми оборудованы телестудии.

Свет от наблюдаемого объекта попадает в телескоп, а затем на трубку, где превращается в электрические

сигналы. Они потом усиливаются и подаются в обычный телевизор. На его экране они снова преобразуются в видимое изображение.

Особенностью нового прибора является то, что изображение с его телевизионного экрана можно снимать с выдержкой $\frac{1}{50}$ секунды, в то время как при обычном фотографировании выдержка длится минутами и даже часами.

Изготовлена малогабаритная телевизионная камера, предназначенная для наблюдения за процессами, происходящими внутри атомных реакторов во время их работы. Такая камера помещена в кожух из нержавеющей стали. Ее диаметр 90 миллиметров и длина 760 миллиметров. Благодаря малым размерам она входит в узкие каналы реактора.

Четыре маленькие, но мощные лампы, сгруппированные около объектива, дают освещение, а вращающееся зеркало позволяет вести круговой обзор. Внутри реактора камера может работать при температуре 200 градусов.

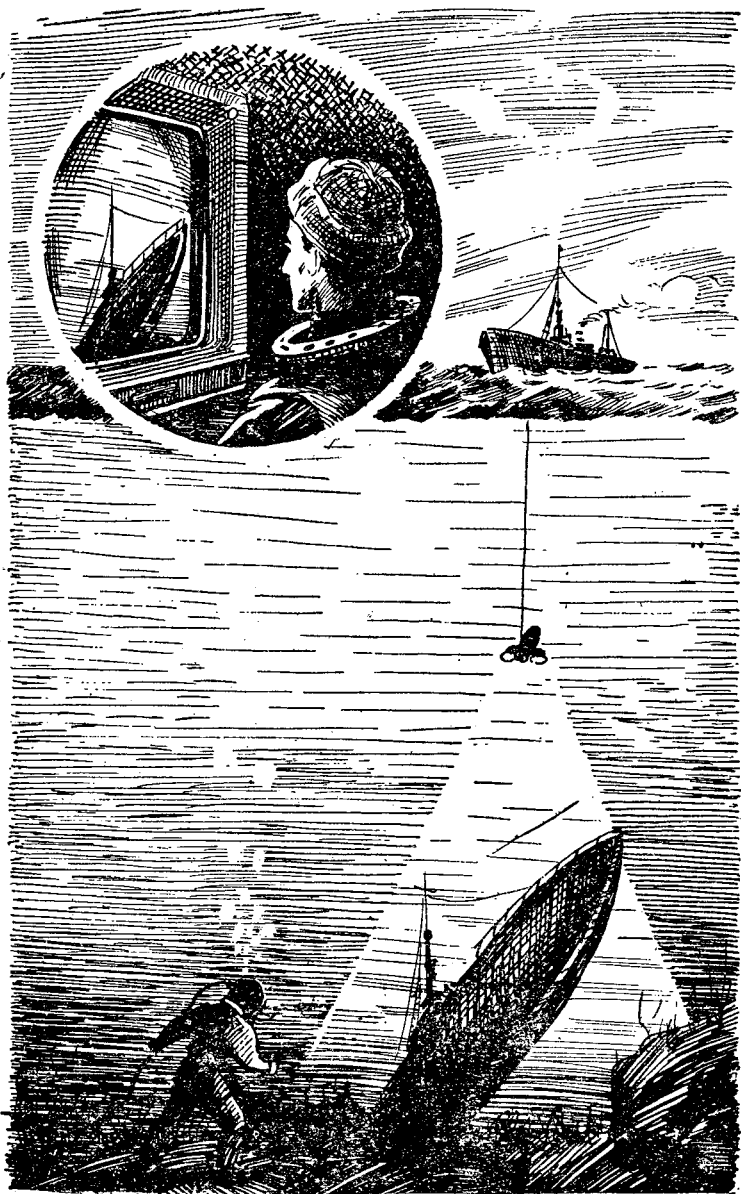
Кабели, на которых камера спускается в реактор, заключены в гибкий шланг. Он служит одновременно и каналом для жидкой двуокиси углерода, охлаждающей устройство.

Управление камерой производится на расстоянии. По окончании работы ее извлекают из реактора и очищают от радиоактивных загрязнений.

Современная техника обогащена видеотелефоном, при пользовании которым можно отчетливо видеть на экране своего собеседника. Видеотелефон включается в телефонную линию. Вызов абонента производится при помощи обычного наборного диска.

Такой аппарат был продемонстрирован у нас несколько лет назад.

Теперь уже недалеко то время, когда крупные заводы и энергетические предприятия большого промышленного района станут управляться из единого центра дежурным диспетчером. Нервами этого района явятся линии радиосвязи. По ним сигналы радиоэлектронных приборов немедленно известят диспетчера о неисправности в той или иной машине, о том или ином отклонении работы завода от заданного технологического режима.



Подводное телевидение

В распоряжении диспетчера будут дежурные специалисты. Они немедленно отправятся ликвидировать повреждение. Диспетчеру нет надобности дожидаться их возвращения. О введении в строй отремонтированного агрегата доложат приборы. На пульте красный аварийный сигнал сменится зеленым.

Близится также и то время, когда студенты и слушатели многочисленных курсов будут освобождены от необходимости ездить на лекции. Они услышат их по радио, а на экранах телевизоров увидят и лектора, и необходимые иллюстрации: чертежи, формулы, таблицы. Тогда профессиональное образование и повышение квалификации станут еще более доступными.

Такая телевизионная установка сооружена и работает в госпитальной хирургической клинике 2-го Московского государственного медицинского института имени Н. И. Пирогова. Она позволяет демонстрировать операцию сразу 150—200 студентам. Сидя в зале, они одновременно слышат объяснения хирурга, ведущего операцию.

При помощи телевизионной рентгеноскопической установки, над созданием которой уже работают ученые, врач сможет наблюдать больного, находясь в совершенно другом, незатемненном помещении. Эта установка даст возможность производить рентгеноосмотр больного в присутствии многочисленной аудитории студентов-медиков.

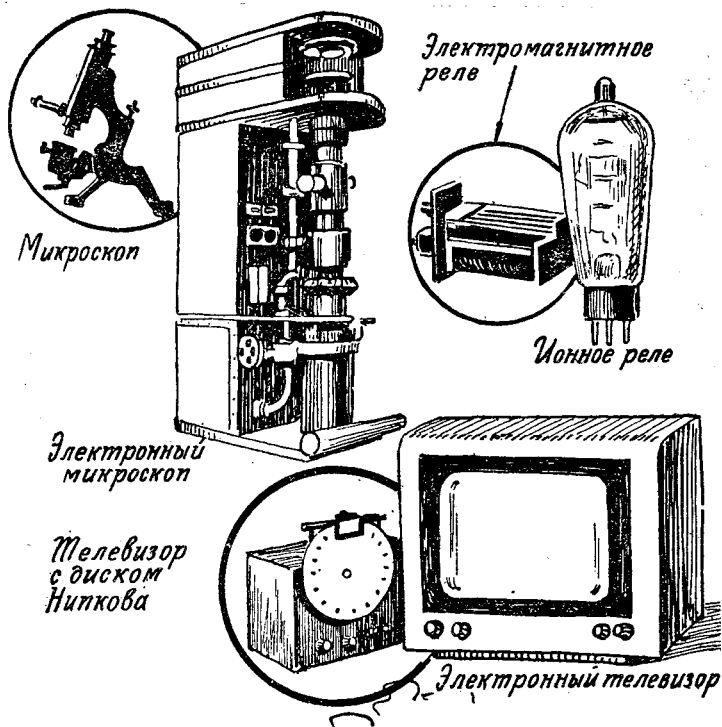
Электронно-лучевая трубка, уничтожающая расстояние между зрителем и наблюдаемым предметом или событием, помогает рассматривать с большим увеличением даже микроскопические тела.

Электронный микроскоп

Самая маленькая частица, которую можно увидеть в сильнейший оптический микроскоп, должна быть не меньше двух миллионных долей миллиметра. Все, что меньше, разглядеть в него невозможно. Виноват в этом свет: частицы вещества, размер которых меньше половины длины световых волн, не отражают их.

«Неужели нам никогда не проникнуть в мир более мелких частиц, чем микробы?» — думали микробиологи,

которые хотели изучить вирусы. «Как узнать строение больших молекул?» — мечтали химики, жаждавшие увидеть «атомные постройки».



Современные приборы и аппараты радиоэлектроники и их предшественники

И опять выручил электрон, управляемый опытной рукой ученых. Был создан электронный микроскоп, позволяющий видеть частицы размером в стомиллионные доли миллиметра.

Особенность нового микроскопа состоит в том, что стеклянные линзы в нем заменены электронными. В оптических микроскопах световые лучи собираются стеклянными линзами, в электронных — поток электро-

нов фокусируется при помощи электрических и магнитных полей.

В оптическом микроскопе контраст изображения получается благодаря разному поглощению отдельными участками наблюдаемого вещества фотонов света, а в электронном — благодаря разному рассеиванию электронов.

Новый микроскоп позволяет пока видеть частицы, в 100 раз меньшие, чем те, которые можно было наблюдать раньше. В него рассматривают вирусы размером с крупную белковую молекулу. Но это не предел. Можно добиться увеличения, в 100 тысяч раз большего, чем дает оптический микроскоп.

Ученые объединили микроскоп с телевизионной установкой, и стало возможным наблюдать жизнедеятельность микробов при помощи одного микроскопа сразу на нескольких телеэкранах.

Электронные приборы получили широкое распространение (некоторые из них показаны на рисунке). Они выгоднее своих предшественников. Электронный микроскоп, как мы уже говорили, дает увеличение примерно в сто раз большее, чем оптический. Время срабатывания ионного реле, такого, как тиратрон, в тысячу раз меньше, чем электромагнитного. На экране электронного телевизора изображение складывается из элементов, количество которых в десятки раз больше, чем у механической телевизионной системы с диском Нипкова.

Радиоволны

Камень, брошенный в воду, приводит в колебательное движение частицы воды, и мы видим возникновение волны.

Слово, произнесенное человеком, вызывает колебание частиц воздуха, которые мы воспринимаем как звуковые волны.

А если заставить колебаться свободные электроны в металле, то образуются радиоволны. Они распространяются в воздухе со скоростью света.

Все виды колебательных процессов имеют некоторые общие свойства. Во-первых, они распространяются только в материальной среде. Без воздуха все звуки мертвы, они не дойдут до нашего слуха. В комнате, где

нет воздуха (если бы только можно было там находиться), мы не слышали бы голоса стоящего рядом человека, а только видели бы движение его рта.

Во-вторых, всем волнам присуща способность отражаться от тел. Однако отражение зависит от длины волны и величины встреченного предмета. Если волны длинные, а предмет мал, то они обогнут его и пойдут дальше. Одиочное дерево в степи не создает эха, для звуковых волн оно как бы прозрачно.

Радиоволны обладают способностью огибать поверхность земного шара. Различают два вида распространения радиоволн от передающей к приемной станции: земным лучом и лучом, отраженным от ионосферы — ионизированных слоев атмосферы, образующихся под действием солнечных лучей. Ионизированные слои состоят главным образом из ионов кислорода и азота, а также из электронов, освободившихся в результате ионизации.

Земным лучом радиоволны распространяются на близкие расстояния. Луч, отраженный от ионосферы, может вернуться на землю на значительном расстоянии от передающей радиостанции. Поэтому в результате многократного отражения от Земли и от ионосферы радиоволны огибают поверхность земного шара.

Радиоволны, частота которых составляет от 300 тысяч до 30 миллионов колебаний в секунду, отражаются от ионосферы. Радиоволны с частотой более 30 миллионов колебаний в секунду обычно пронизывают ионосферу, как и световые лучи. Следовательно, по отношению к радиоволнам до определенных частот земная атмосфера ведет себя как неоднородная среда, по отношению же к волнам более высоких частот ее можно считать однородной.

Не так давно световые волны и радиоволны рассматривались как два отдельных участка спектра электромагнитных волн.

В 1922 году известный советский ученый А. А. Глаголева-Аркадьева искусственным путем создала волны длиной от 50 миллиметров до 0,082 миллиметра. Так было доказано, что диапазон электромагнитных волн простирается от радиоволн, излучаемых свободными электронами металла, до гамма-лучей (волн), излучаемых атомными ядрами.

При помощи специальных антенн легко добиться острой направленности излучаемого потока сантиметровых и миллиметровых радиоволн. Это позволяет успешно применять их в радиолокации и радионавигации, о чем мы расскажем позднее.

Сантиметровые и миллиметровые волны открывают широкие перспективы для устранения существующей в настоящее время «тесноты» в эфире. В участке спектра таких электромагнитных волн разместится большое число линий связи без взаимных помех друг другу.

На этих волнах работают современные радиорелейные линии, способные передавать одновременно более тысячи телефонных разговоров или несколько телевизионных программ.

Радиорелейная линия состоит из цепочки установленных на расстоянии 50—70 километров друг от друга приемо-передающих радиостанций, каждая из которых снабжена высокой мачтой с двумя антеннами: для приема и для передачи радиоволн. Принимая сигнал, станция усиливает его и передает на следующий пункт. На конечной станции сигнал используется по назначению, то есть подается либо на телефонную станцию, либо на телецентр.

Одна из первых радиорелейных линий работает на Московско-Рязанской железной дороге. Она связывает Москву с Рязанью, обеспечивая осуществление одновременно двадцати четырех телефонных разговоров или трансляцию телепередачи.

Установлено еще несколько радиорелейных линий. За годы семилетки они будут построены на протяжении нескольких тысяч километров.

В недалеком будущем, сняв телефонную трубку, например в Москве, и набрав на диске условные буквы, вы сможете соединиться по радио с автоматическими телефонными станциями Новосибирска, Владивостока и любого другого города на этой линии, а затем, набрав номер абонента, вести с ним разговор.

Путешествие песни

«Путешествие» звука в эфире — чарующая быль современности. Ни скоростной корабль, ни реактивный самолет не угонятся за ним.

Когда передают оперу из Большого театра, как вы думаете, кто раньше услышит первые звуки: тот, кто находится в первом ряду зала, или тот, кто сидит у радиоприемника в завывающей метелями Арктике? Оказывается, раньше всего звук достигает микрофона, установленного на сцене. Дальнейший путь он совершает по радио со скоростью света.

Пока звук «черепашьим шагом» по 330 метров в секунду «доползет» до находящихся в зале, тот же звук, попавший в микрофон, облетит уже вокруг земного шара со скоростью, почти в миллион раз большей, — около 300 тысяч километров в секунду.

Но как «усадить» на радиоволну песню, музыку, речь?

Путешествие песни начинается с того момента, когда звук привел в соответствующие колебания частицы воздуха, а те сообщили их мембране микрофона. Микрофон... Но здесь уже произошло превращение. Звук принял новый облик. Механические колебания стали электрическими. Громче звук — сильнее электрический ток и наоборот. Теперь электроны несут «портрет» звука по проводнику на фабрику радиоволн — на радиопередающую станцию.

Длина излучаемой антенной электромагнитной волны зависит от частоты колебаний электронов. Если они делают 300 тысяч колебаний в секунду, то длина волны равна 1 000 метров. Метровой длине волны соответствует 300 миллионов колебаний электронов в секунду. Электроны, производящие 30 миллиардов колебаний в секунду, образуют волны длиной в сантиметр. Таким образом, более высоким частотам колебаний электронов соответствуют миллиметровые волны.

Электроны «готовят» волны. Они же принесли звуковой «портрет» песни. Остается только отправить его в эфир. А сделать это надо так, чтобы в создании радиоволн приняли участие электроны, принесшие звук.

Если колебание электронов, излучающих радиоволны, поставить в зависимость от силы тока, несущего звук, то излучаться будут электромагнитные волны той же длины, но их амплитуда — их размах — будет меняться, в точности повторяя изменения частоты и силы звука.

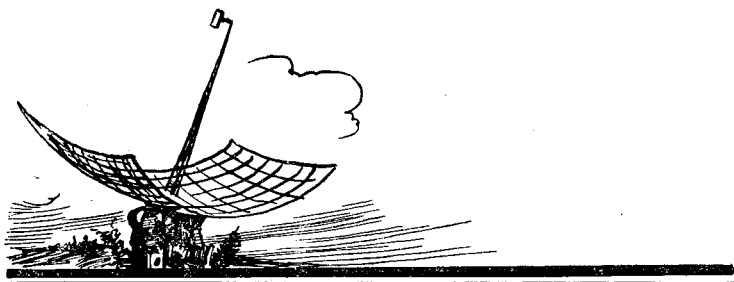
Итак, оторвалась песня от антенны передающей станции и поплыла над землей, заходя в антенну каждого приемника.

Волны унесли с собой в пространство частицу энергии родивших их электронов. При помощи этой энергии они приводят в движение свободные электроны в антенне радиоприемника, колебания которых в точности соответствуют колебаниям электронов в антенне радиопередатчика. Далекий путь только ослабил энергию электромагнитных волн, но не стер с них звукового узора.

Поток электронов из антенны несет в радиоприемник «портрет» песни. И снова превращение. Но на этот раз электрического тока — в звук.

Управляемые электроны обладают одной очень важной особенностью: при любых условиях они не меняют величины своего заряда. Основываясь на этом, специалисты создали и создают огромное количество приборов и аппаратов, объединенных весьма обширной областью техники — радиоэлектроникой.

В наши дни, пожалуй, не осталась такой отрасли народного хозяйства, где бы не нашла применения радиоэлектроника, где бы она не способствовала повышению производительности труда и совершенствованию технологических процессов.



ВЕК РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Электроны — важнейшие «детали» приборов и машин

В электронных приборах и машинах основным движущимся элементом являются электроны, причем скорость их движения достигает десятков и даже сотен тысяч километров в секунду. Работа, которую они могут выполнять, чрезвычайно разнообразна.

Электронные приборы и машины способны управлять и одним станком и целыми заводами. Они с одинаковым успехом подсчитывают продукцию, выпускаемую заводом, и производят сложные инженерные расчеты. Они позволяют механизировать физический труд и даже некоторые виды умственного труда. Производительность труда поднимается при этом на немыслимую ранее высоту.

В электровакуумных приборах электроны выполняют сложные задачи. Они вырабатывают электромагнитные волны длиной до 1 миллиметра с частотой колебаний до 300 миллиардов в секунду; они обеспечивают получение кратковременных импульсных мощностей высокочастотных колебаний, измеряемых десятками тысяч киловатт; они способны создавать также малые

мощности электромагнитных колебаний высокой частоты, достигающие значений, измеряемых миллиардными долями милливатта.

Радиоэлектроника принесла в науку и технику новые методы исследований. На их базе в настоящее время конструируется и изготавливается множество специальных радиоэлектронных приборов, позволяющих измерять самые различные неэлектрические величины, характеризующие температуру, влажность, давление, шум, деформации в сооружениях и конструкциях, время течения кратковременных процессов, щелочность и кислотность электролитов, мощность инфракрасных, световых и ультрафиолетовых потоков и многое другое.

Эти методы радиоэлектроники делают возможным получать показания об измеряемой величине при помощи стрелочных приборов (миллиамперметров и вольтметров) с непосредственным отсчетом по шкале; позволяют визуально наблюдать за процессом при помощи электронно-лучевых трубок, записывать результаты измерений на бумагу (чернильная и электрохимическая запись) или на фотопленку (фотозапись), создавать системы неавтоматического управления устройствами на расстоянии (телемеханика, телеуправление) и автоматического управления путем саморегулирования устройств по данным измерений (автоматика).

Радиоэлектроника породила самостоятельные направления в технике: радиопеленгацию, радиолокацию, радиоастрономию, радиометеорологию, радиоспектроскопию и т. д.

Радиолокация и радионавигация

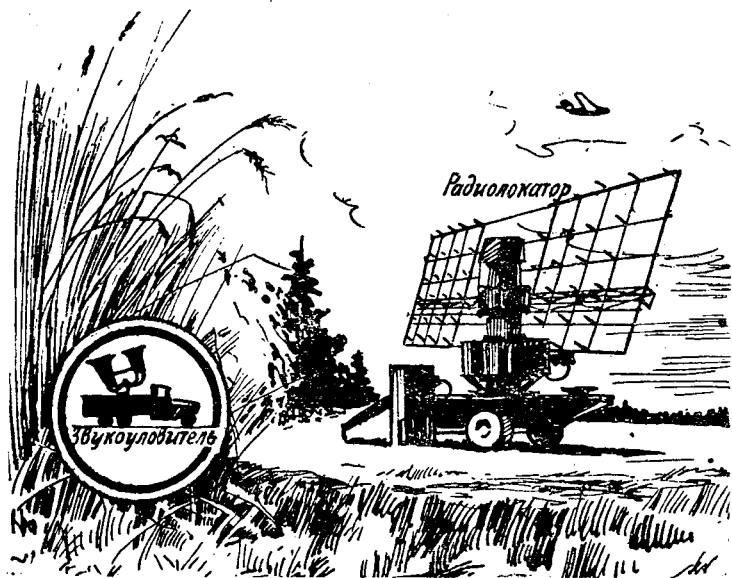
Принцип радиопередачи открыл великий русский ученый А. С. Попов. Он же положил начало радиолокации, обнаружив способность электромагнитных волн отражаться от встречающихся на их пути препятствий.

Советские ученые довели обе эти области электронной техники до совершенства.

Особенностью радиолокационной станции является то, что антенна ее посылает волны не во все стороны, как антенна радиовещательной станции, а узким направленным пучком, так же как прожектор излучает

свет. При этом длина волны не должна превышать 10 метров, ибо только короткие радиоволны способны хорошо отражаться. Более же длинные волны огибают предмет, не отражаясь от него.

Современные радиолокационные станции усовершенствованы. Если раньше при помощи звукоуловителя удавалось обнаружить самолет, находящийся на расстоянии 10 километров, через 30 секунд, то теперь радиолокатор может сделать это за 0,00007 секунды.



Радиолокатор и его предшественник

Кроме того, он не только «видит» далекие предметы, устанавливает расстояния до них и их координаты, но и определяет направление их движения.

Радиолокаторы кругового обзора позволяют наблюдать за воздушной обстановкой или за местностью. Изображение получается на индикаторе.

Если экран индикатора самолетной радиолокационной станции кругового обзора совместить с навигаци-

онной картой, то можно следить за курсом своего, а также координатами и курсами других воздушных кораблей, находящихся в зоне обзора.

Много общего имеет с радиолокацией радионавигация — наука о применении радиоэлектроники для вождения морского и воздушного транспорта. Вместе с радиолокацией она обеспечивает правильную ориентацию транспорта и безопасность его движения в условиях плохой видимости: ночью и во время тумана. Суда теперь не «ждут у моря погоды», а, оснащенные радионавигационным оборудованием, совершают регулярные рейсы вне зависимости от погоды и видимости.

У нас широко применяются специальные радиолокационные станции, радиопеленгаторы и комплексное оборудование различных радионавигационных систем, которое включает в себя передающие радиостанции — маяки и специальные радиоприемники со счетно-решающими устройствами и индикаторами.

Капитан судна, оборудованного специальной радиолокационной установкой, работающей в сантиметровом или миллиметровом диапазоне радиоволн, может вести его при любой погоде, отчетливо различая на экране все, что встречается на пути следования.

Радиолокационные установки на кораблях помогают обнаруживать зону грозы, шторма. Ими пользуются при розыске судов, терпящих бедствие.

Весьма важную роль в радионавигации играют методы радиопеленгации, позволяющие решать ряд навигационных задач.

Радиопеленгацией называют способность некоторых типов радиоантенн эффективно обнаруживать направление на принимаемую радиостанцию.

Вращая антенну радиопеленгатора, настроенного на радиостанцию-маяк, и наблюдая за громкостью принимаемых сигналов, можно судить о том, в каком направлении находится радиостанция. Достаточно определить направления на две радиостанции, называемые радиомаяками, координаты которых известны, чтобы найти местоположение своего корабля, где установлен радиопеленгатор.

При помощи радиопеленгаторов корректируют показания магнитных компасов, почти всегда отклоняющихся на некоторый угол от географического меридиана.

Используя принципы радиопеленгации, инженеры сконструировали приборы для автоматического пилотирования самолетов — радиоконпасы и автопилоты. Они без участия человека исправляют направление полета.

В настоящее время ни один корабль или самолет не отправляется в дальний путь без навигационной радиоэлектронной аппаратуры.

Все крупные аэродромы и порты оборудованы различными радионавигационными устройствами, обеспечивающими безопасный подход самолета к аэродрому, а корабля к порту.

На аэродромах существуют специальные радиолокационные станции, которые позволяют осуществлять слеую посадку самолетов в условиях плохой видимости.

Большинство аэропортов имеет теперь новейшие радиолокационные станции, благодаря которым можно управлять посадкой самолетов. Зайдя в комнату оператора такой станции, вы будете наблюдать на экране изображение всех самолетов, находящихся в воздухе в районе аэропорта.

В порту на экране радиолокатора с круговым обзором дежурный отчетливо видит картину порта, его берега, маяки, вехи, буи, а также движущиеся и стоящие на рейде суда. Это изображение передается по телевидению в эфир. Сигналы портового телецентра принимают на кораблях, и капитаны судов по изображениям на экранах своих телевизоров прекрасно ориентируются в окружающей обстановке.

Радиометеорология

Испокон века огромные невзгоды причиняли человеку бури и ураганы, губительные ливни и наводнения, засуха и град.

В борьбе с этими силами природы выросла и окрепла метеорология — наука, занимающаяся изучением атмосферы, наука о закономерностях физических явлений, происходящих в воздушном океане.

В жизни каждой страны метеорология играет огромную роль. Она предупреждает о непогоде летчиков и моряков; при помощи ее земледельцы заблаговременно принимают меры для сохранения урожая; строителям она помогает выбирать наилучшие места для закладки

городов и селений, сооружения здравниц; конструкторам она дает расчетные данные для возведения плотин и мостов.

Новым этапом в развитии метеорологии является радиометеорология. В распоряжении современных метеорологов много замечательных радиоэлектронных устройств, позволяющих исследовать атмосферные явления.

Атмосфера в зависимости от метеорологических факторов по-разному преломляет, рассеивает и поглощает радиоволны. Частицы воды и льда, содержащиеся в воздухе, сильно рассеивают сантиметровые и миллиметровые радиоволны. Волны длиной около 1,3 сантиметра «тушатся» содержащимся в атмосфере водяным паром, волны длиной от 2,5 до 5 миллиметров — кислородом воздуха. Сильно поглощаются радиоволны снежинками, капельками дождя, крупинками града.

Основываясь на чисто радиолокационных методах, метеорологи по сигналам, отраженным от частиц, образующих облака, наблюдают за их движением, а применяя методы радиопеленгации, обнаруживают местонахождение атмосферных разрядов и, следовательно, расположение грозовых облаков.

Одним из интересных изобретений советских ученых в области метеорологии является радиозонд П. А. Молчанова и И. Г. Фреймана. Он предназначен для измерения давления, температуры и влажности воздуха в верхних слоях атмосферы. Радиозонд представляет собой небольшой воздушный шар, поднимающий в воздух портативное устройство из простейших метеорологических измерительных приборов, приспособления для кодирования метеорологических сведений, маломощного радиопередатчика и источников питания.

Радиозонд совершает полет по направлению ветра и по пути фиксирует состояние атмосферы, регулярно передавая эти сведения на радиоприемный центр метеорологической станции.

В 1931 году советский радиоспециалист Б. М. Коноплев создал автоматическую радиогидрометеорологическую станцию. Подобные станции предназначены для труднодоступных районов, например для Арктики. Не требуя обслуживающего персонала, они регулярно, в установленные часы передают метеосводки. Срок действия такой метеостанции определяется режимом ее ра-

боты и запасом энергии источников питания. Обычно он продолжается более года.

Аппараты эти просты и малы по размерам. Их можно сбросить с самолета на территорию недоступного или труднодоступного района. На земле станция при любой кривизне поверхности сейчас же «встает на ноги», а попав в воду, остается на поверхности и немедленно включается в работу. Находящиеся в аппарате приборы начинают измерять температуру, давление, влажность воздуха, скорость ветра и т. д. Все данные автоматически кодируются и в виде радиосигналов поступают в эфир.

Каждая метеостанция может работать непрерывно, автоматически включая радиопередатчик через небольшие интервалы и передавая результаты показаний измерительных приборов на радиоприемный пункт стационарной метеорологической станции. Здесь метеорологи обрабатывают сведения, полученные от ряда подобных автоматических радиогидрометеорологических станций, делают необходимые расчеты и на их основе составляют прогноз погоды.

Расчеты, производимые метеорологами, очень кропотливы и поэтому требуют большого количества времени. На помощь здесь приходят радиоэлектронные быстродействующие счетные машины. С ними мы познакомимся в одной из следующих глав.

«Радиоокно» во Вселенную

В 1931 году весь мир облетело сенсационное сообщение: получены радиосигналы от жителей другой планеты.

«Радируют марсиане!» — кричали заголовки газет.

— Ученые заняты расшифровкой радиограмм, полученных от разумных существ. В скором времени можно ждать установления двусторонней связи с неземными жителями, — писали журналисты.

Ученые в том году, действительно, зарегистрировали радиосигналы, идущие из космоса. Эти сигналы достигали наивысшей силы через каждые 23 часа 56 минут, то есть в тот момент, когда Земля завершала полный оборот вокруг своей оси.

Сообщение в прессе взбудоражило воображение читателей, и они с нетерпением стали ждать разъяснений ученых.

Астрономы и физики были в недоумении. Они считали, что электромагнитные волны из космических пространств могут доходить до поверхности Земли только в виде световых лучей. Волны же, короче или длиннее световых, должны либо поглощаться атмосферой, либо отражаться ионосферой. И вдруг... таинственные радиосигналы на волне около 15 метров.

Каково же было всеобщее разочарование, когда ученые вместо подтверждения догадки журналистов сообщили, что радиосигналы идут от созвездия Стрельца, находящегося в центре нашей галактики, и что они ни в коем случае не представляют собой чью-либо попытку установить радиосвязь с жителями Земли. Это просто — на просто радиоизлучения, рождающиеся в результате каких-то природных процессов.

Как выяснилось, в газообразной оболочке земного шара, кроме светового, имеется еще одно небольшое «окно», через которое свободно проходят радиоволны длиной не более 30 метров.

Открытие этого «радиоокна» помогло в дальнейшем совершить переворот в самой древней из всех наук — астрономии.

Световое «окно» позволяло исследовать лишь те небесные тела, которые излучают свет. По спектру этого света определяли температуру звезды и устанавливали, из какого вещества она состоит.

«Радиоокно» открыло новые возможности для изучения Вселенной. Через него, используя радиоволны, ученые стали наблюдать за несветящимися телами Вселенной, изучать их форму, размеры и определять расстояния до них.

Радиоволны в пределах от 1 сантиметра до 20 метров охватывают диапазон частот, в десять раз больший спектра световых волн. Отсюда ясно, что возможности исследования небесных тел радиоволнами значительно шире, чем при помощи световых лучей.

Так началась новая эра в астрономии. Она ознаменовалась появлением новейшей отрасли знаний — радиоастрономии.

Радиоастрономические наблюдения в отличие от обычных возможны в любую погоду, днем и ночью.

В настоящее время систематически изучаются радиоизлучения Солнца, Луны, межзвездного газа и так называемых радиозвезд — звезд, испускающих радиоволны.

Радиоастрономия заимствовала у радиолокации хорошие антенные устройства, чувствительные радиоприемники и другие приборы.

Радиотехники обеспечили астрономов специальной аппаратурой. Они сконструировали весьма чувствительные радиоприемники с особыми антеннами площадью от нескольких сот до нескольких тысяч квадратных метров. Такие устройства названы радиотелескопами.

Радиотелескопы

Современные радиотелескопы — мощное орудие познания Вселенной.

Атмосфера Земли пропускает радиоволны длиной от 1 сантиметра до 30 метров. Они собираются рефлектором радиотелескопа, подводятся через антенну к приемнику, в котором усиливаются, и тут же автоматически регистрируются на ленте самопишущего прибора.

Радиотелескопы пополняют наши сведения о небесных телах и происходящих в них физических процессах. Они помогли открыть и нанести на карту звездного мира неизвестные доселе туманности — скопления звезд и межзвездного газа, обнаружили крушение двух галактик, столкнувшихся друг с другом.

Некоторые ученые высказывают мнение, что это было столкновение галактики и анти-галактики, то есть галактики, состоящей из антивещества. Антивещество, как полагают, построено из антиатомов, ядра которых имеют антипротоны и антинейтроны, а оболочка образована из антиэлектронов-позитронов.

В радиотелескопы удалось рассмотреть и ту часть нашей галактики, которая скрыта межзвездным газом и туманностями и невидима в световые телескопы. Выяснилось, что она имеет форму спирали.

В настоящее время принимаются радиосигналы более чем от ста объектов Вселенной. Источниками их являются либо давно существующие далекие галактики,

либо недавно народившиеся сверхновые звезды, либо какие-то катастрофы во Вселенной.

Солнце было предметом исследования астрономов всех времен и народов. А сейчас радиоастрономия начала дополнять сведения о небесном светиле. Оно излучает радиоволны длиной от нескольких миллиметров до 15 метров. Интенсивность излучения то падает, то возрастает в соответствии с затуханием или развитием процессов, происходящих на Солнце. Наибольшая интенсивность бывает в период максимальной солнечной деятельности. Тогда радиоизлучение, например на метровых волнах, в тысячу раз сильнее обычного.

Исследованиями установлено, что самое мощное излучение метровых волн идет из газообразной оболочки Солнца — из его короны. Сантиметровые радиоволны рождаются главным образом в его плотной части.

От характера процессов, происходящих на Солнце, зависят некоторые явления на Земле. Извержения на Солнце сопутствуют магнитные бури на Земле и возмущения в ионосфере, нарушающие радиосвязь на коротких волнах. Таким образом, по мощности радиоизлучений Солнца можно устанавливать радиопрогнозы.

Радиоастрономия открывает новые пути к познанию Вселенной, новые методы определения состава и распределения межзвездного вещества, а также разрешения других проблем астрономии, физики и космогонии.

Радиолокационная астрономия

Путь от города до города можно измерить обычным метром. Но каким метром определить расстояние от земного шара, допустим, до Луны?

Советские ученые Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси в 1943 году указали, что это удастся осуществить при помощи радиолокации.

Прежние оптические промеры расстояния от Земли до Луны лежали в пределах точности нескольких десятков километров. Радиолокационный метод позволяет получать данные с точностью до 1 километра.

Радиолокационная астрономия — новая наука, основанная на облучении радиоволнами небесных тел и регистрации полученных отражений. Эта наука имеет огромное будущее.

Луна была первым объектом исследования радиолокационной астрономии. За нею последовали наблюдения за метеорами. А теперь намечается изучение Венеры.

Возможности радиолокационной астрономии необычайно велики. Она позволяет исследовать планеты и крупные астероиды, изучать движение метеоров, скорость которых бывает от 12 до 72 километров в секунду.

Обычно падающие метеоры видны только в темноте. Но изучение их новым способом производится теперь днем и ночью, при любой видимости. Это позволило определить продолжительность существования в атмосфере таких метеорных следов, которые невидимы глазом.

Локационными методами определяют не только скорости движения метеоров, но и скорость ионосферного ветра, которая, как выяснилось, на высоте 100 километров достигает 200 километров в час.

Атомы — генераторы радиоволн

Радиоастрономия раскрыла одну из таких тайн Вселенной, которую невозможно было познать оптическими методами: межзвездное пространство заполнено газом — водородом.

Наблюдая излучение межзвездного водорода, ученые определяют теперь места скопления этого газа во Вселенной, концентрацию его в том или ином месте, а также перемещение.

В теле нашей галактики межзвездный водород содержится в ветвях галактической спирали. Он обнаружен и в других галактиках, составляющих так называемые Магеллановые Облака, причем удалось не только подсчитать количество газа, но и измерить скорость движения его масс, что привело к предположению динамической связи этих галактик.

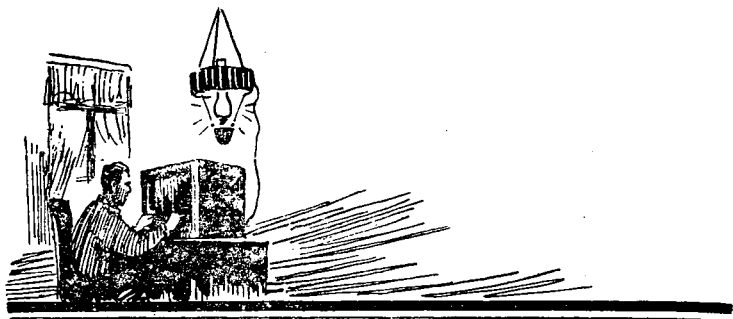
Напомним: атом водорода состоит из ядра — протона и электрона (в оболочке). Магнитные моменты протона и электрона могут или складываться или вычитаться. Когда они складываются, атом водорода находится в состоянии с высшей энергией, когда вычитаются, то, наоборот, — в состоянии с низшей энергией.

В природе такой переход атома водорода из одного состояния в другое совершается не чаще чем раз в 11 миллионов лет. Но именно в тот момент, когда он про-

исходит, то есть когда электрон меняет направление своего вращения на обратное и магнитные моменты протона и электрона складываются, атом водорода излучает радиоволны длиной в 21 сантиметр (2,1 дециметра).

Вот эти-то радиоволны и улавливают астрономы радиотелескопами.

Следовательно, водород может служить генератором дециметровых радиоволн. И хотя в природе появление волн наблюдается исключительно редко, это не значит, что невозможно заставить атомы водорода излучать их именно в тот момент, когда они необходимы. С осуществлением искусственного перехода атомов водорода из одного состояния в другое человечество обретет новый генератор высокочастотных колебаний — атомарный генератор радиоволн.



КРУШЕНИЕ МОНОПОЛИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ

Кристаллы вместо радиоламп

На конгрессе по радиоэлектронике, состоявшемся недавно во Франции, один из делегатов во время своего доклада продемонстрировал сделанное им пианино величиной не больше портсигара. Вынув его из кармана пиджака, изобретатель попросил включить находящийся в зале радиоусилитель и стал играть на своем инструменте.

Это своеобразный инструмент. Под миниатюрными клавишами его расположены не электронные лампы, как в электрическом пианино, а кристаллы. При нажатии клавиша кристаллы порождают токи, усиливаемые радиоусилителем и воспроизводимые громкоговорителем.

Концерт имел потрясающий успех не потому, что из репродуктора лились чарующие звуки музыки, а потому, что оригинальное пианино явилось новым доказательством неограниченных возможностей материалов, именуемых полупроводниками.

Ныне почти на каждой крупной выставке работ ра-

диолюбителей можно восторгаться оригинальными устройствами, созданными с применением полупроводниковых приборов.

На полупроводниковых приборах работают радиоприемники, размещающиеся в корпусе ручных часов. На них собрано множество радиолюбительских карманных радиопередатчиков для телеграфной и телефонной связи. При помощи одного такого передатчика московские радиолюбители осуществляли переговоры без проводов, находясь друг от друга на расстоянии 10—15 километров.

Советские инженеры уже работают над созданием микрорадиостанций, в которых роль ламп станут выполнять полупроводниковые кристаллы, а энергию будут давать радиоактивные элементы. Такая радиостанция вполне сможет уместиться на ладони руки. И где бы вы ни находились: дома или в походе, на улице или у знакомых, — достаточно только включить этот маленький аппаратик, и он оживет.

Электронная лампа!.. Ее на протяжении 40 лет воспевали специалисты всех отраслей знаний. Перед ее могуществом преклонялись радиолюбители. И вдруг... династия ее рушится.

В момент расцвета электровакуумной промышленности была обнаружена «бомба» замедленного действия. Ее «заложил» еще в 1922 году молодой советский физик О. В. Лосев, работавший тогда в Нижегородской радиолaborатории. И хотя величина этой «бомбы» не больше горошины, действие ее оказалось потрясающим.

Кристалл вместо радиолампы — вот тот «взрыв», который ведет к свержению господства электронной лампы. В лампе электроны способны выполнять работу лишь при высоком вакууме. К тому же радиолампы громоздки и нуждаются в нескольких источниках питания. С ними нужно бережно обращаться, поскольку они хрупки.

Маленький полупроводниковый кристалл с припаянными к нему проволочными усиками не боится сотрясений и не нуждается в вакууме, не требует источника питания нити накала, так как нить эта вовсе отсутствует. Срок службы кристалла в десятки раз больше, чем электронной лампы. Работает он с большим коэффициентом использования энергии источников питания.

Рекордсмены по миниатюрности, экономичности и долголетию

Десятки лет служат человеку радиолампы. Простейшие из них называются диодами, поскольку имеют два электрода, многоэлектродные — триодами, тетрами, пентодами и т. д. И вот сейчас на смену им созданы необычайно простые и во много раз более долговечные полупроводниковые диоды, триоды и тетроды, то есть двух-, трех- и четырехэлектродные полупроводниковые кристаллические «лампы». Они монтируются в радиоустройстве пайкой, подобно обычным сопротивлениям и малоемкостным конденсаторам, а некоторые так же, как и радиолампы, — при помощи миниатюрных панелек.

В промышленности все большее применение находит новый способ монтажа радиоаппаратуры — печатный монтаж. Вся схема радиоприемника печатается токопроводящим составом на панели, словно листы книги в типографии. На токопроводящий состав химическим путем наносят тонкий слой меди. В готовые гнезда панели вставляют полупроводниковые «лампы» и некоторые детали, после чего приемник готов.

В настоящее время печатным способом делают не только монтажные провода, но и сопротивления, конденсаторы, переключатели, катушки индуктивности и другие радиодетали.

Новый метод обеспечивает высокое качество соединений и контактов, хорошую повторяемость монтажной схемы, вследствие чего аппаратура легко поддается регулировке в процессе производства, делается более долговечной, приобретает большую надежность в работе, а вес и размеры ее сильно уменьшаются.

Главным преимуществом печатного монтажа по сравнению с обычным является возможность автоматизировать процесс производства, во много раз снизить трудоемкость изделий и облегчить труд рабочих, увеличить выпуск продукции, снизив ее себестоимость.

Кристаллические полупроводниковые приборы в десятки раз долговечнее, в сотни раз миниатюрнее и значительно экономичнее электронных радиоламп по расходу энергии. Применение их вместе с печатными схемами открывает широчайшие возможности перед конструкторами радиоаппаратуры.

Молекулы-приемники и молекулы-передатчики радиоволн

Против радиолампы ополчились не только полупроводниковые диоды и триоды. У ламповых генераторов и усилителей появились новые соперники. Правда, они еще очень «молодые и неопытные», зато весьма перспективные. Это молекулярные генераторы и усилители.

Если до сих пор для получения радиоволн использовались свободные электроны, то в новых приборах их рождают сами атомы или молекулы. Оказывается, под влиянием света, тепла и под воздействием электромагнитной энергии атомы и молекулы вещества могут излучать не только световые, но и радиоволны.

Ученые установили, что одни и те же атомы и молекулы излучают и поглощают радиоволны определенной длины. Больше того, в одном и том же веществе всегда есть молекулы-приемники, поглощающие радиоволны, и молекулы-передатчики, излучающие их.

Открыв это явление, ученые подумали, нельзя ли использовать его для получения радиоволн и их практического применения. Перспектива заманчива, так как радиоволны обладают замечательным качеством: они весьма стабильны по частоте. Молекулам каждого вещества свойственна строго постоянная частота излучаемых электромагнитных колебаний, на которую не влияют никакие внешние факторы.

Но вся беда в том, что обычно в веществе молекул-приемников несколько больше, чем молекул-передатчиков. И то, что излучают последние, жадно поглощается первыми.

Ученые поступили довольно хитро. Они решили изолировать молекулы-передатчики от «соседок», которые мешают им излучать радиоволны в пространство.

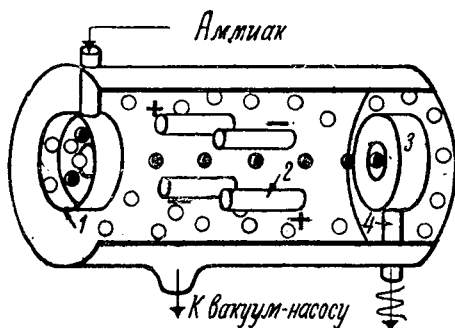
Такой генератор радиоволн, излучаемых молекулами аммиака, уже существует. Он создан лауреатами Ленинских премий Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым — сотрудниками Института физики Академии наук СССР.

Устройство прибора очень простое. Он состоит из трех главных деталей: первая — сосуд, в который по тонкой трубке подается аммиак; вторая — конденсатор, производящий отбор молекул-передатчиков и отбрасывающий в стороны молекулы-приемники, и, наконец,

третья деталь — металлический цилиндр, внутри которого отсортированные конденсатором молекулы излучают радиоволны длиной 12,7 миллиметра.

В подобном приборе, конечно, необязательно использовать молекулы именно аммиака. Можно брать молекулы и других веществ. В конструкции прибора также допустимы изменения.

В науке, технике и в промышленности новые генераторы и усилители (см. схему) призваны сыграть важную роль. Если полученные от них стабильные радиоволны преобразовать в короткие импульсы тока, то они



Молекулярный генератор:

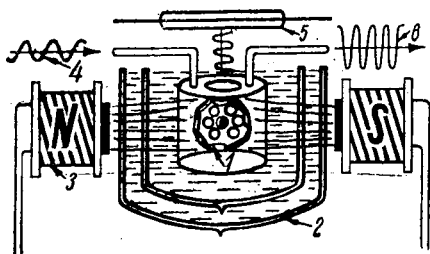
- 1 — сосуд, испускающий молекулы аммиака;
2 — конденсатор; 3 — объемный резонатор;
4 — волновод, подводящий радиоволны к антенне

заставят идти обыкновенные электрические часы. Точность хода будет зависеть только от свойств молекул, а так как эти свойства не меняются, то и часы получатся наиточнейшие из всех когда-либо созданных человеком. Они смогут быть эталоном времени.

Если поставить два таких прибора совершенно независимо один от другого, в разных местах, например в Москве и на Камчатке, то ошибка в их показаниях будет достигать не более одной миллиардной доли секунды за год.

Такие часы позволят проверить ряд научных предположений, увеличить точность радионавигационных си-

стем, повысить устойчивость частоты радиовещательных связных станций, создать ряд точных автоматических систем управления и выполнить много других важных задач.



Молекулярный усилитель:

- 1 — кристалл, содержащий парамагнитные ионы, помещенные в объемный резонатор;
 2 — сосуд с жидким гелием, охлаждающим кристалл; 3 — магнит, ориентирующий парамагнитные ионы; 4 — колебания поля, возбуждающие парамагнитные ионы;
 5 — усиливаемый сигнал; 6 — вывод сигнала

Однако познакомимся поближе с полупроводниковыми материалами и теми возможностями, которые они открывают.

Полупроводниковые материалы

Специалисты-электрики, изыскивая в природе наилучшие проводники и изоляторы, совсем не обращали внимания на материалы, занимающие промежуточное место, то есть являющиеся и плохими проводниками и недостаточно хорошими изоляторами. А такие материалы, получившие название полупроводников, оказались как раз обладателями весьма ценных свойств, использование которых ведет к настоящему перевороту в технике.

Вещества с кристаллическим строением в зависимости от того, насколько они способны проводить электрический ток, можно подразделить на три группы: проводники, полупроводники и изоляторы.

К проводникам электрического тока относятся несколько металлов, в том числе медь и алюминий; к изоляторам — тоже немногие вещества. Зато полупроводниками являются и отдельные элементы: германий, крем-

ний, графит, селен, теллур, бор, мышьяк, фосфор и их химические соединения, а также все многообразие неорганического мира: минералы, руды.

Каковы же характерные свойства полупроводников?

В них свободных электронов не так много, чтобы под влиянием электрического поля возникал достаточный для использования электрический ток, и не так мало, чтобы они могли выполнить роль хороших изоляторов. Это одна особенность полупроводниковых материалов. Другое их отличие заключается в том, что количество свободных электронов в них может увеличиваться при повышении температуры. Второе свойство используется при изготовлении теплоизмерительных приборов — термисторов, отличающихся малыми размерами и необычайной чувствительностью к теплу.

Электроны в полупроводниках можно освободить также воздействием света, что позволяет применять их для непосредственного перевода солнечной энергии в электрическую. Много свободных электронов появляется и под влиянием радиоактивных излучений. Это открывает перед полупроводниками дорогу в области превращения ядерной энергии в электрический ток. В зависимости от примесей полупроводники имеют отрицательную или положительную проводимость — свойство, широко используемое в кристаллических выпрямителях и усилителях тока.

Теория полупроводников берет свое начало от работ академика А. Ф. Иоффе и теоретических изысканий члена-корреспондента Академии наук СССР Я. И. Френкеля. Иоффе и его сотрудники непрерывно в течение двадцати с лишним лет проводили исследования в области возможного использования полупроводников в различных областях народного хозяйства.

Полупроводники на службе технике

Уже сегодня можно назвать около двадцати различных областей применения полупроводников в народном хозяйстве СССР.

Мечта всех энергетиков — непосредственное превращение тепловой энергии в электрическую — долгое время казалась фантастической. Однако созданные совет-

скими учеными полупроводниковые термоэлементы сделали ее явью.

Новые термоэлементы позволяют получать электрическую энергию без топок и паровых котлов, без турбин и генераторов.

Наша промышленность уже выпускает термоэлементы нескольких типов. Пока это еще не станции, дающие промышленный ток, а всего лишь небольшие установки. Но заложенные в них возможности заставляют ожидать, что в дальнейшем термоэлементы позволят осуществить теплоэлектрификацию городов и сел.

На чем же основано их действие?

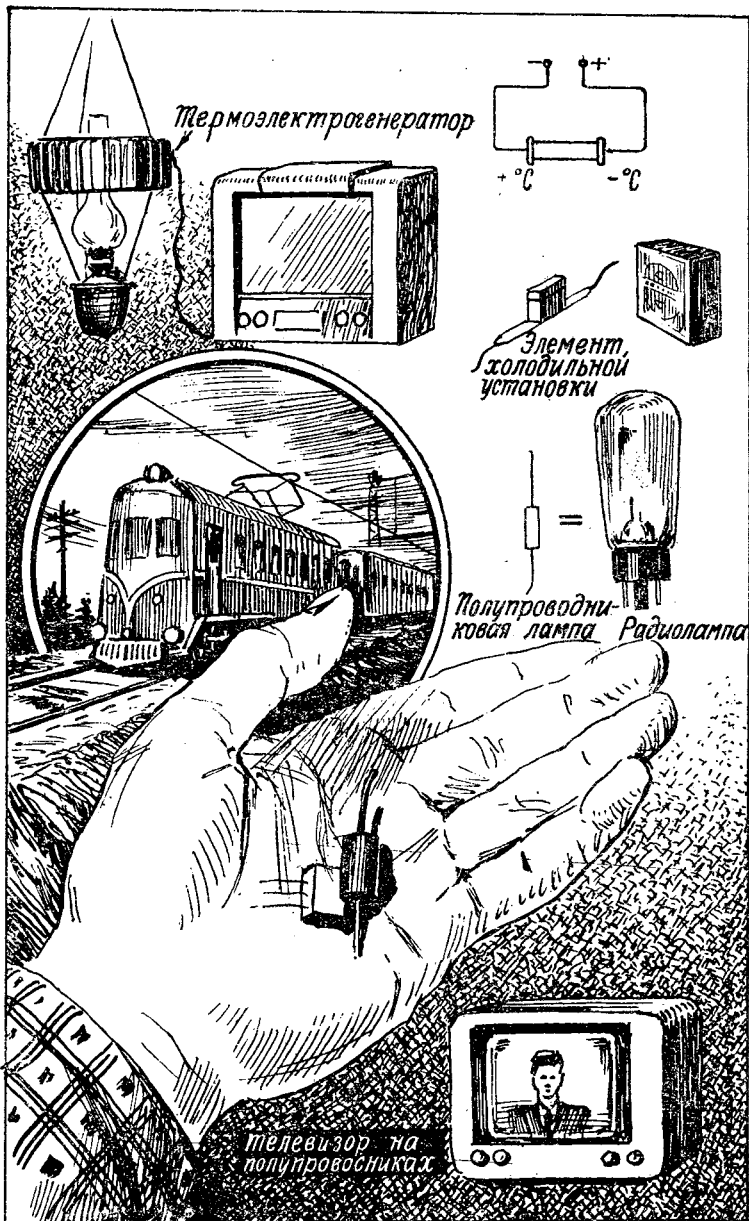
Если два полупроводника соответствующим образом спаять и затем нагреть, то возникнет электродвижущая сила в 100 раз большая, чем у соединенных таким же способом металлов, образующих широко известные термоэлементы.

Такое отличие полупроводников от металлов открывает новые качественные возможности. С повышением температуры концентрация свободных электронов в полупроводнике сильно возрастает. Даже при комнатной температуре она достигает огромных размеров, а при более высокой температуре еще увеличивается, причем в зависимости от характера проводимости полупроводника на концах его будут накапливаться или положительные или отрицательные заряды. Это и есть полупроводниковый термоэлемент.

Полупроводниковые термоэлементы можно соединять в батареи по 20—40 штук и таким путем получать напряжения от 3 до 15 и более вольт.

Для радиофикации отдаленных районов, где нет электрической энергии, промышленность уже выпускает специальные полупроводниковые термоэлементы, так называемые термоэлектрогенераторы. Это керосиновая лампа со специальным абажуром, в котором тепло от горящих газов перерабатывается в электрический ток. Двадцатилинейная керосиновая лампа, снабженная таким абажуром, дает ток, достаточный для питания энергией трехваттного радиоприемника типа «Родина».

Десятки тысяч термоэлектрогенераторов служат для освещения и одновременно радиофикации лагерей геологов, рыболовецких промыслов, квартир покорителей целины... Более мощные термоэлектрогенераторы созда-



ны не на керосиновых лампах, а на керогазах. Такими установками обеспечиваются ремонтно-тракторные станции, где от них работают приемо-передающие радиотелефонные станции «Урожай».

Для районов, где нет электрической энергии и где, помимо радиоприема, требуются еще электрический свет и энергия для зарядки аккумуляторов, созданы термоэлектрогенераторы, работающие от железной печи, отапливаемой дровами или углем. Такой термоэлектрогенератор может дать энергию в сотни ватт. Теоретически возможно создать термоэлектрогенераторы мощностью в десятки киловатт.

Как мы видим, отрезок пути от электроэнергии, вырабатываемой керосиновыми лампами, до электрического тока, получаемого от печи, уже пройден. На очереди решение более крупной проблемы — непосредственного превращения в промышленный электрический ток тепла подземной газификации углей, ядерных реакторов, котельных агрегатов, домен и других установок, где оно сейчас теряется.

В Ленинграде, в Институте полупроводников Академии наук СССР, создан полупроводниковый холодильник. В нем вместо холодильного раствора действуют электроны в термоэлектрических элементах из специально подобранных и спаянных пар полупроводников.

Под влиянием электрического тока на одном из спаев возникает тепло, в то время как на другом появляется холод (см. схему на рисунке). Температура в новом полупроводниковом холодильнике может снизиться до 70 градусов холода без компрессора. Срок службы его практически не ограничен. Такие холодильники успешно работают на пассажирских самолетах «ТУ-104».

Надо ожидать, что вслед за комнатными холодильниками появятся в скором времени поезда и суда — рефрижераторы, в которых холод будет вырабатываться более простым, чем сейчас, и экономичным способом.

При помощи термоэлементов можно создавать недорогие установки искусственного климата в помещениях, охлаждать или нагревать воздух в поездах и автомобилях.

Применение полупроводников — путь к решению еще одной, не менее важной проблемы энергетики — отопления,

На отопление промышленных зданий, служебных и жилых помещений требуется очень много топлива. В некоторых даже крупных промышленных городах топлива на эти цели расходуется больше, чем потребляют электростанции для энергоснабжения предприятий.

Полупроводниковая техника располагает устройствами, позволяющими использовать тепло уже существующих установок для одновременного получения электрического тока. Полупроводниковая установка, смонтированная, допустим, при котлах центрального отопления, будет в течение отопительного сезона в избытке снабжать всех жильцов электрической энергией для освещения и бытовых нужд. Таким образом, расход топлива благодаря применению полупроводников значительно уменьшится.

Крупным событием является создание полупроводниковых выпрямителей. Они представляют собой металлическую пластинку, покрытую тончайшим слоем полупроводника. Слой этот обладает способностью легко пропускать ток одного направления и создавать большое сопротивление для тока другого направления, то есть выпрямлять его. Полупроводниковый выпрямитель необычайно мал по размерам, прост по устройству и экономически более выгоден по сравнению с другими.

Такие выпрямители широко применяются сейчас в радиоприемниках и телевизорах. Однако это лишь скромное начало.

Наша промышленность потребляет главным образом переменный ток. Но для ряда производств необходим постоянный. Выпрямление тока требовало или громоздких и сложных в обращении ртутных выпрямителей или специальных электрических машин — умформеров. На смену им приходят теперь простые, легкие полупроводниковые выпрямители.

Нашему железнодорожному транспорту в отличие от промышленности нужен преимущественно постоянный ток. Для него на провода уходит много дефицитного цветного металла. При использовании переменного тока расход металла на провода мог бы значительно сократиться. В связи с этим на транспорте наблюдается в настоящее время тенденция перехода на переменный ток. И в этом случае полупроводниковые выпрямители сыграют большую роль.

Полупроводники являются основной деталью специальных приборов — термисторов. Действие их основано на том, что при нагревании на один градус Цельсия сопротивление полупроводника падает на 3—6 процентов, в то время как у металлов оно поднимается на 0,3—0,4 процента. Это свойство позволяет определять температуру по изменению сопротивления под действием падающих на термистор тепловых лучей.

В зависимости от назначения новые приборы могут быть величиной или с булавочную головку или с двухкопеечную монету.

Эти микротермометры широко используются в технике: следят за температурой подшипников в двигателях и турбинах теплоходов, сигнализируют на расстоянии об изменении температуры в различных промышленных установках, с успехом измеряют температуру звезд, удаленных от Земли на невообразимо большие расстояния, определяют температуру любого участка листа растения, кожи и крови животных.

Используя полупроводниковые приборы, советские радиотехники создали уже немало аппаратуры, отличающейся необычайной компактностью, надежностью в работе и ничтожным потреблением энергии. Это радиоприемник-книга «Фестиваль», безламповый телевизор, демонстрировавшийся на Всемирной выставке в Брюсселе, радиопередатчики, сверхминиатюрные аппараты для тугоухих, размещающиеся в оправе очков для мужчин и в виде клипсов-сережек для женщин. Можно ожидать, что в недалеком будущем в магазинах появятся ручные радиоприемники, сумочки-телевизоры, карманные магнитофоны, записывающие звук на тончайшую проволоку.

Велико значение полупроводников в техническом прогрессе. Они открыли новые пути в радиоэлектронике, автоматике, осветительной и измерительной технике. При их помощи невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи можно преобразовать в видимые, световые. В химическом производстве полупроводниковые приборы выполняют роль термических контролеров.

Главное их достоинство состоит в том, что они помогают ученым решить проблему перевода в электрический ток энергии солнечных лучей, тепловой, ядерной и даже звуковой энергии.

Желтый уголь

Солнце освещает и «отапливает» нашу планету. Энергия его лучей огромна. Специалисты подсчитали, что мощность этого потока — почти 500 миллиардов лошадиных сил — в несколько миллионов раз больше теперешней потребности в энергии всего человечества. Если бы можно было использовать хотя бы один процент солнечного тепла, получаемого в год пустыней Сахарой, то мы имели бы энергию в десять раз большую той, которую расходует ежегодно все человечество.

Каждый гектар земной поверхности получает от Солнца такое количество энергии, что оно могло бы привести в действие машину мощностью в 10 тысяч киловатт. Однако до сего времени нет установок, позволяющих хотя бы частично использовать эту возможность. Только сейчас начинают появляться более или менее экономичные солнечные машины. При их помощи можно нагревать воду, готовить пищу, плавить металл и даже... вырабатывать холод.

Несколько таких установок построено в гелиолаборатории Энергетического института Академии наук СССР. Производительность солнечного парового котла 40—60 килограммов пара в час при давлении пара в 7 атмосфер. Установка может работать в солнечные дни не только летом, но и зимой.

В арсенале института есть солнечные холодильники. Один из них, использующий пар от солнечного котла, работает в Ташкенте. За смену он производит четверть тонны льда.

Не являются новинкой и солнечные кипяtilьники, опреснители, печи-кухни и другие установки.

Сотрудники Энергетического института создали проект солнечной электростанции мощностью в 1200 киловатт, которую намечено построить в Араратской долине, возле озера Айгернич. Электростанцию предполагается оборудовать солнечным паровым котлом, установленным на башне высотой в 40 метров. Парообразование будет производиться за счет солнечных лучей, отражаемых от 1300 зеркал общей площадью около 20 тысяч квадратных метров. По проекту зеркала расположены вокруг котла на тележках, размещенных на кольцевых рель-

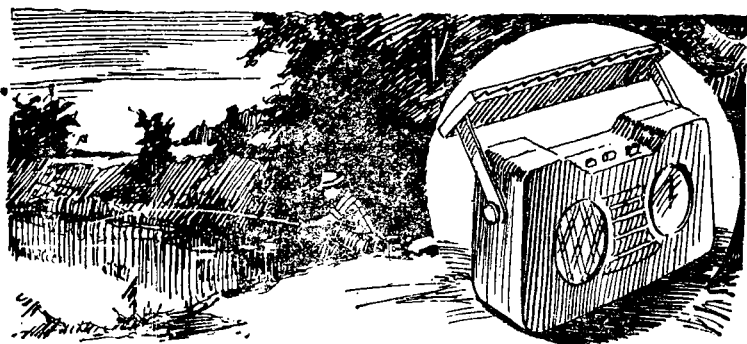
совых путях. Ориентировка их по солнцу производится автоматически. Зеркала концентрируют солнечный свет на паровом котле, который будет давать 13 тонн пара в час. Этот пар давлением в 35 атмосфер приведет в действие турбину на 1 200 киловатт. Турбина рассчитана на работу с противодавлением в 1—2 атмосферы.

Солнечная батарея

Полупроводниковые материалы открывают новые перспективы перевода световой и тепловой энергии солнца в электрическую.

Намечается несколько путей использования полупроводниковых материалов для этих целей.

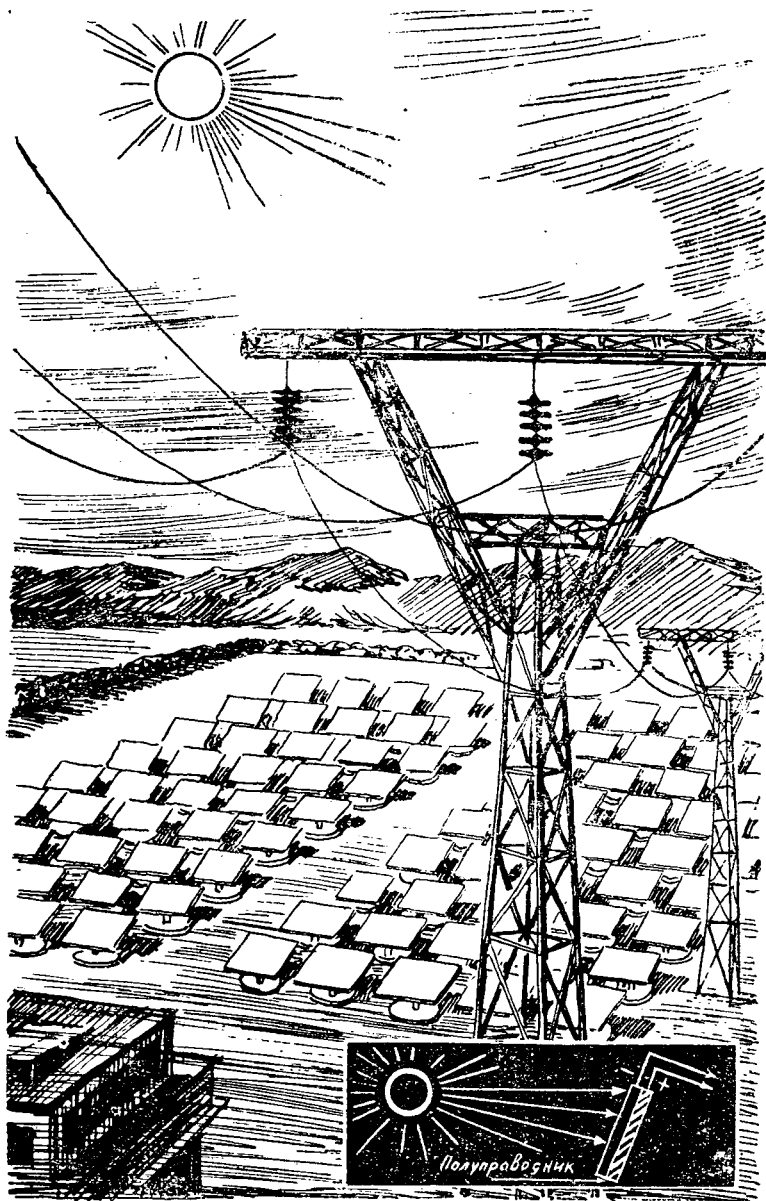
Отечественная промышленность уже освоила так называемые термоэлектрогенераторы, представляющие собой батареи последовательно соединенных полупроводниковых термоэлементов. Их коэффициент полезного действия достигает 10 процентов.



Радиоприемник с питанием от солнечной батареи

Другой вид полупроводникового преобразователя световой и тепловой энергии в электрическую получен при помощи полупроводникового материала кремния.

Кремниевый фотоэлемент создан учеными в 1953 году. Он может превращать в электрический ток от 10 до 20 процентов солнечной энергии.



Солнечная электростанция с полупроводниковыми элементами

Для приготовления кремниевого фотоэлемента необходимо вырастить большие кристаллы кремния. Полученные кристаллы разрезают на тонкие пластинки прямоугольной формы, а затем покрывают одну сторону каждой пластинки слоем бора. На границе между кремнием и бором образуется так называемый запирающий слой.

Световые лучи, проникая через тончайший слой бора в кремниевую пластинку, передают свою энергию ее электронам, отделяя их от атомов и молекул. Образующиеся свободные электроны переходят в металлический электрод (слой бора), создавая электрический ток во внешней цепи.

Приготовленные таким образом фотоэлементы соединяют по несколько штук. Получается солнечная батарея. В ясный день кремниевые фотоэлементы способны дать до 50 ватт электрической энергии с каждого квадратного метра батареи. Энергию эту можно использовать для питания радиоприемников, для работы приборов телефонной связи.

Солнечные батареи вполне оправдали себя в качестве питателей радиостанции и другой научной аппаратуры на третьем советском искусственном спутнике Земли.

Инженеры разработали новый тип телефонной системы для внутренней связи с применением полупроводниковых приборов вместо электронных ламп и с питанием от солнечных батарей.

Простота, надежность и долговечность солнечных батарей открывает перед ними огромные перспективы. Пока они еще очень дороги. Но когда, усовершенствовав технологию производства, удастся снизить их стоимость, они позволят создавать и переносные и стационарные электрические станции. С переносной электростанцией будут уходить в туристский поход или в научную экспедицию. Ее станут устанавливать на крыше дома, чтобы получать от солнца электроэнергию для бытовых целей. Солнечные батареи позволят в недалеком будущем освещать дома и улицы там, где еще нет или где мало электрической энергии. Ведь ее можно копить в течение дня в аккумуляторах и расходовать после того, как солнце уйдет на отдых.

На рисунке изображен проект солнечной электростанции с полупроводниковыми батареями. На такой

станции нет ни паровых котлов, ни турбин, ни генераторов. Коэффициент полезного действия полупроводниковых фотоэлементов, из которых составлены батареи, равен 10—11 процентам. Фотоэлементы с поверхностью в 2 гектара позволят получить электрическую энергию мощностью около 2 тысяч киловатт. Батареи фотоэлементов поставлены так, что они могут все время «смотреть» на солнце.

Солнечные электростанции войдут в единую энергетическую систему, которая будет создаваться в нашей стране в текущей семилетке.



ЭЛЕКТРОННЫЙ „МОЗГ“

Молниеносный счет

Лучший математик способен при помощи карандаша произвести в секунду одно или два арифметических действия с четырех- и пятизначными числами. А современная электронно-счетная машина осуществляет за то же время десятки тысяч подобных действий.

Как же она это делает?

Десятичная система, имеющая цифры 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, укоренилась в практике счета, надо полагать, благодаря тому что некогда 10 пальцев наших рук были первой счетной «машиной» человека. Элементы современной счетной машины тоже имеют «пальцы». Их два. Путем включения или выключения они сигнализируют «да» или «нет», иными словами подтверждают или получение сигнала (1) или отсутствие его (0). Наличие в счетной машине большого количества таких элементов дает ей возможность оперировать крупными цифрами.

Основные элементы современной электронно-счетной машины — полупроводниковые приборы. Проводя или не проводя электрический ток, такой прибор «изобра-

жает» собой соответственно цифры 1 или 0, которыми можно выразить очень многое.

При помощи комбинаций двух цифр 0 и 1 в так называемой двоичной системе единиц можно изобразить любое число. Единица изображается символом 1, двойка — символом 10, тройка — 11, четверка — 100, пятерка — 101, шестерка — 110, семерка — 111, восьмерка — 1 000, девятка — 1 001, а ноль — символом 0.

Чтобы научиться читать числа, записанные в двоичной системе единиц, надо иметь в виду, что подобно тому, как в числах десятичной системы единиц справа налево располагаются единицы, за ними десятки, сотни, тысячи и т. д., так и в числах двоичной системы единиц на первом месте справа стоит цифра, означающая число единиц, на втором — число двоек, на третьем — четверок, на пятом — восьмерок и т. д. Таким образом, если в десятичной системе каждая цифра, расположенная левее предыдущей, в десять раз больше ее по величине, то в двоичной системе она только в два раза больше предыдущей.

Задание для машины готовится в виде кода, при помощи которого математические выражения переводятся из десятичной цифровой системы в двоичную.

Кодирование производят или путем нанесения на бумажную ленту перфорации — отверстий, чередующихся с пробелами, или путем намагничивания магнитофонной ленты, где намагниченные и ненамагниченные места обозначают соответственно 1 и 0.

Вычисления на современной электронно-счетной машине ведутся с числами от одной миллиардной доли единицы до одного миллиарда. При этом каждое число может быть девятизначным.

Магнитные органы машины быстро прочитывают кодированную задачу, переводя ее в электрические импульсы. Машина записывает их в запоминающем устройстве и по ходу действия производит с ними требуемые операции.

В том, что электронно-счетная машина производит арифметические действия, нет ничего таинственного. Ведь она суммирует электрические импульсы так же, как счетные машины с шестернями суммируют элементарные движения зубцов.

Электронные «математики»

Широк диапазон математических задач, быстро и точно решаемых электронно-счетными машинами. Это системы алгебраических уравнений, имеющих большое значение в геодезии, астрономии, в строительной механике, при обработке результатов наблюдений. Это системы дифференциальных уравнений, весьма распространенных в инженерной практике, в теоретической физике, в теплотехнике, метеорологии. На этих машинах решают интегральные уравнения и вычисляют корни алгебраических уравнений высшего порядка.

Все это имеет огромное значение при выполнении многочисленных теоретических и практических работ.

Логические задания, даваемые машине, сводятся к простейшим операциям, таким, как сравнение чисел, определение знака числа и т. д.

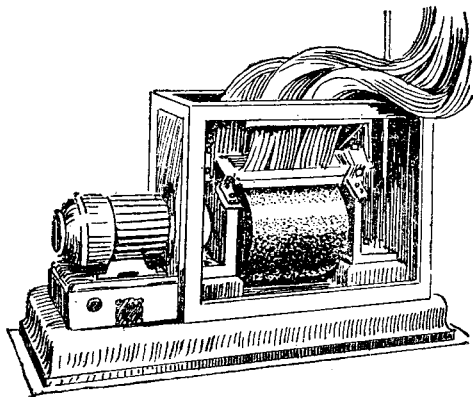
Если вместо арифметических действий требуется исследовать какой-либо процесс, то, зная его физическую сущность, необходимо сформулировать задачу в виде алгебраических формул, дифференциальных и интегральных уравнений или других математических соотношений. Применяя хорошо разработанные методы численного анализа, можно почти всегда свести такую задачу к определенной последовательности и арифметических и логических действий. В свою очередь арифметические действия — умножение и деление — легко сводятся к двум более простым действиям — сложению и вычитанию. Таким образом, даже самые сложные процессы исследуются на счетной машине посредством простейших арифметических задач.

Внешне, например, кажется, что нет ничего общего между качкой корабля на волнах и движением небесных светил под действием притяжения к Солнцу. Тем не менее если выразить эти процессы математическими формулами и уравнениями, то их нельзя будет отличить друг от друга: они почти одинаковы.

Пульсации гигантских звезд и колебания земной коры при землетрясениях описываются одинаковыми математическими выражениями. Давая задание счетной машине, эти математические формулы и выражения переводят в арифметические действия, и машина успешно справляется с ними.

Машины, имеющие «память»

Самой поразительной особенностью счетных машин, способных производить по несколько тысяч операций в секунду, является их «память», то есть способность «запоминать» и находить нужное число в соответствующем отделении своего механического «мозга».



Общий вид магнитного барабана

Даже человек с феноменальной памятью не может запомнить такого количества цифр и фактов. Решая арифметическую задачу, мы записываем результаты на бумаге, а сами вычисления производим в уме. Порядок их известен каждому.

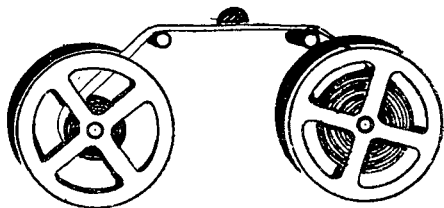
Электронно-счетные машины осуществляют вычисления в одной своей части — в арифметическом устройстве, а результаты фиксируют в другой — в запоминающем устройстве.

Запоминающее устройство на быстродействующей электронно-счетной машине имеет три вида «памяти»: оперативную, промежуточную и внешнюю.

Оперативная «память» представляет собой специальные электронно-лучевые трубки, похожие на телевизионные. В них цифры хранятся в виде электрических зарядов, наносимых электронным лучом на отдельные

ячейки экрана. Там, где имеется заряд, записана цифра 1, а там, где его нет, — цифра 0. Все ячейки пронумерованы.

Машина по заданию выбирает из ячеек требуемые числа и передает их туда, где выполняются сложение, вычитание, умножение или деление. Полученный результат засылается в свободную ячейку запоминающего устройства и держится там, пока не потребуется в дальнейшем расчете.



Запоминающее устройство на магнитной ленте

Каждая электронно-лучевая трубка — оперативная «память» — может хранить одновременно свыше тысячи чисел или «команд».

Здесь находятся результаты, могущие понадобиться сразу же в последующих вычислениях. Запись какого-либо числа, а также выборку каждого из чисел машина производит за 12 миллионных долей секунды.

Промежуточная «память» служит для хранения результатов, требующихся не сразу. Она похожа на магнитофон с барабаном, поверхность которого покрыта слоем вещества, способного намагничиваться. Цифры содержатся здесь в виде намагниченных и ненамагниченных участков, а записываются они электрическими импульсами. Всего на барабане размещается одновременно несколько тысяч чисел.

Непосвященный спросит: «А как машина «узнает», где искать нужные сведения?» Любая точка на поверхности барабана характеризуется своим «адресом» — двумя координатами. Чтобы найти их, довольно двух электрических контактов.

Внешнее запоминающее устройство, предназначенное для длительного хранения чисел, представляет собой ленту обычного магнитофона. Покрывающий ее слой окиси железа получает переменное намагничивание от записывающей головки. Это наиболее емкая «память», вмещающая свыше 120 тысяч чисел. Однако в отличие от оперативной и промежуточной она непосредственно в вычислительных операциях не участвует.

Счетное, запоминающее устройство и устройство управления соединены между собой системой магистралей, по которой передаются электрические коды чисел. В коде должны быть указаны номера ячеек, откуда надо брать и куда направлять суммарный результат. Такое закодированное задание называют командой. Из команд состоит программа. Составление программы — ответственной операция. Осуществляют ее математики.

Последовательность команд программы тоже закладывается в ячейки «памяти» кодом. Задание машина выполняет автоматически.

БЭСМ

В Советском Союзе под руководством Героя Социалистического Труда академика С. А. Лебедева создана и уже в течение ряда лет работает одна из самых быстродействующих электронно-счетных машин в Европе — БЭСМ. Физики решают при ее помощи задачи, связанные с изучением ядерных излучений, метеорологи предсказывают погоду, математики высчитывают специальные таблицы. Словом, ее используют ученые самых различных специальностей.

Если работу этой машины, проделанную за сравнительно короткий срок, перевести в труд вычислителей, то последним пришлось бы выдать заработную плату в сумме нескольких сот миллионов рублей, поскольку машина заменяет десятки тысяч человек.

В одну секунду БЭСМ совершает 10 тысяч арифметических действий. Значит, за несколько часов она способна выполнить их столько, сколько опытный счетовод не в состоянии сделать на арифмометре за всю свою жизнь.

Астрономам, составляющим Международный астрономический календарь, потребовалось подсчитать орби-

ты движения 700 малых планет солнечной системы с учетом воздействия на них Юпитера и Сатурна. Обычно такая работа выполнялась большим вычислительным бюро в течение многих месяцев. Астрономы обратились за помощью к академику С. А. Лебедеву, и через несколько дней они получили точно высчитанные координаты, в которых будут находиться планеты через каждые 40 дней на протяжении десяти лет.

Географам при составлении карт требовалось решить по данным геодезической съемки местности задачи с 800 уравнениями. Предстояло выполнить до 250 миллионов арифметических действий. Счетная машина справилась с этим меньше чем за 20 часов.

Строители каналов пробовали составить таблицы для определения допустимой крутизны берегов. Выявление наивыгоднейших контуров обещало дать большую экономию в гидротехническом строительстве. Для этой цели выделили 15 человек, которые производили вычисления на протяжении нескольких месяцев. Но им так и не удалось из-за сложности расчетов решить задачу, хотя бы для одного варианта. Когда же в работу включили электронно-счетную машину, то она за три часа выдала десять вариантов расчетов для разных грунтов.

На БЭСМ можно очень быстро выбрать наилучшее решение той или иной задачи, а это в свою очередь позволяет принять, допустим, самую выгодную механическую конструкцию моста, наиболее совершенную форму крыла самолета, сопла реактивного двигателя, лопаток турбин и т. п.

Радиотехники, решая на электронно-счетной машине уравнения, объясняющие распространение электромагнитной энергии в пространстве, проектируют антенны и волноводы. Инженеры, решая на ней дифференциальные уравнения, описывают движение тела и его обтекаемость в воздушном потоке, что позволяет исследовать полеты снарядов и ракет со сверхзвуковыми скоростями.

Что же представляет собой эта замечательная машина?

Советская электронно-счетная машина состоит из уже знакомых нам трех главных частей: счетного, запоминающего устройств и устройства управления, предназначенного для осуществления автоматической работы машины.

Счетное устройство действует подобно арифмометру, но поскольку вместо колесных механизмов в нем «работают» электроны, скорость подсчета необычайно велика. Сложение двух девятизначных цифр машина производит за 3 миллионные доли секунды, а умножение их за 192 миллионные доли секунды.

Результаты вычислений, выдаваемых машиной, записываются на магнитной ленте в виде импульсов кода. Специальное устройство преобразует потом этот код в цифры и печатает их таблицами. Скорость печатания — 200 чисел в секунду. Обслуживают БЭСМ в смену два инженера и один техник.

Советские специалисты создали несколько типов электронно-счетных машин.

На универсальной машине «Стрела» решаются сложные научные и инженерные задачи. Машина «Урал» предназначена для математических и логических задач, машина «Погода» — специального назначения. Она выпущена для метеорологов. Машина «Кристалл» осуществляет рентгеноструктурный анализ кристаллов.

Разработаны проекты электронных машин-чтецов для слепых. Фотоэлемент последовательно, букву за буквой считывает в них текст книги, газеты или журнала. Машина тут же переводит виденное в звуковые сигналы, которые слепые воспринимают органами слуха. Если же человек потерял не только зрение, но и слух, то звуковые сигналы превращаются магнитными вибраторами в колебания, ощущаемые пальцами.

Так электронная машина позволяет видеть при помощи слуха и слышать при помощи пальцев.

Механизация умственного труда

При решении математических задач редко берут «пи» (отношение длины окружности к диаметру) с точностью до третьего или четвертого десятичного знака. Обычно используют цифру 3,14. Иное дело в астрономии. Определяя радиус видимой Вселенной, в расчеты вводят «пи» с точностью примерно до 20-го десятичного знака.

В прошлом веке английский математик Шанкс занялся вычислением «пи» для астрономов. Но оно все-таки получилось у него с остатком. Шанкса заинтересовал вопрос, при какой же цифре десятичного знака де-

ление длины окружности на диаметр произойдет без остатка. Пользуясь элементарными средствами механизации расчета, он вычислил «пи» с точностью до 707-го десятичного знака. Однако, затратив на это около пятнадцати лет, ученый так и не достиг предела, при котором деление произошло бы без остатка.

Минуло целое столетие. И вот в 1949 году научные сотрудники Баллистической научно-исследовательской лаборатории в городе Абердине в США решили вычислить «пи» на электронно-счетной машине. Они вложили в нее задание, и менее чем через сутки машина выдала подсчеты «пи», доведенные до 2 048-го десятичного знака.

При помощи электронно-счетной машины вычислялись данные, необходимые для запуска наших искусственных спутников Земли, для определения их траектории. Эти машины использовались и для решения ряда других вопросов, связанных с запуском и движением первых в мире искусственных спутников Земли.

Они дали также возможность физикам детально изучить движение нейтронов в реакторе.

Электронно-счетная машина совершает математические вычисления намного быстрее и точнее человека. Она в состоянии делать даже логические выводы, как бы думая и запоминая. Но все, на что она способна, — это только выполнять задание человека.

Создана, например, машина — искусственный шахматист. Она может играть в шахматы с человеком, отвечая на каждый его ход.

Нетрудно догадаться, что «начинка» такого автомата представляет собой электронно-счетную машину, в запоминающем устройстве которой имеются ответы на определенные шахматные ходы противника. Эти ответы разработаны крупнейшими мастерами шахматной игры.

При игре в шахматы на электронно-счетной машине каждая фигура оценивается очками: король — 200 очков; ферзь — 9; ладья — 5; слон — 3; конь — 3; пешка — 1 очко и т. д. Очками же обозначают и такие позиционные факторы, как открытая линия или сдвоенные пешки.

Когда игрок делает ход, машина отвечает на него тем наивыгоднейшим маневром фигур, который был предусмотрен мастером. Таким образом, она всегда выбирает

вариант, дающий через определенное число ходов при любых ответах противника наилучшее соотношение очков.

Конечно, когда в качестве игрока сидит слабый шахматист, то машина в состоянии выиграть у него партию. Да это и понятно: ведь по сути дела он играет с мастером шахматной игры. «Разумная» машина возвращает то, что вложил в нее человеческий ум. Она не может и никогда не сможет даже при дальнейшем совершенствовании ее создать какую-либо новую теорию и не в состоянии указать человеку, как сконструировать аппарат для проверки этой теории.

Машина — только плод, рожденный деятельностью человеческого мозга, орудие умственного труда.

Машина-переводчик и машина-библиограф

Если бы несколько десятков лет назад кто-нибудь из литераторов написал о том, что герой его научно-фантастического романа изобрел машину, переводящую с одного языка на другой, то большинство читателей приняло бы это сообщение по крайней мере за околонуточные домыслы.

Даже сейчас, когда такая машина реально существует, нелегко представить себе, как это человек мог додуматься до подобного чуда. Но невероятность только кажущаяся. Новое часто ослепляет при первом знакомстве с ним.

Сотрудники института Академии наук СССР успешно осуществили опыты по автоматическому переводу текста с одного языка на другой. Для этого они использовали быстродействующую электронно-счетную машину:

В запоминающем устройстве машины хранится определенный запас слов, расположенных в алфавитном порядке. Каждая буква записана в форме чисел двоичной системы. В словарном фонде содержатся основные корни слов на языке оригинала и на языке перевода. Каждая буква их также записана в форме чисел двоичной системы. Вводимый текст тоже закодирован числами.

Машина «заглядывает» в свой словарь и отыскивает там нужное слово путем последовательного вычитания

числа (искомого слова) из чисел (слов), хранящихся в словарном фонде. Если результат вычитания окажется равным нулю, поиски заканчиваются. Слово перевода найдено, и оно тут же записывается машиной в запоминающем устройстве. Запись осуществляется в том виде и порядке, который предусмотрен программой, то есть с учетом грамматических особенностей языка.

Когда машина выполнит требования программы, специальное устройство печатает слова буквами.

Метод машинного перевода описан нами упрощенно. Принцип его прост, осуществление, конечно, значительно сложнее.

В недалеком будущем, надо полагать, машины-переводчики станут производить работу прямо с листа журнала, газеты или книги. Считывание текста со страниц осуществляют фотообъективы с системой фотоэлементов. И тут же буква за буквой слова текста будут преобразовываться в цифровые значения. Все остальные действия перевода, очевидно, останутся прежними.

Намечается создание и таких машин-переводчиков, которые смогут работать под диктовку. В них особый аппарат с микрофоном запишет речь, разделит ее на отдельные звуки, а звуки преобразует в цифры или знаки кода. Последующая работа — уже обычное дело для машины.

Инженеры и ученые не могут плодотворно работать, не зная последних достижений в своей области и в смежных отраслях науки и техники. А следить надо не только за отечественной, но и за иностранной литературой. Количество же научных работ накапливается с поразительной быстротой, и специалистам становится все труднее и труднее ориентироваться в них.

Возьмем, например, химию. Научных работ, посвященных химическому элементу цинку, издано во всем мире с 1926 по 1946 год почти втрое больше, чем за два десятилетия до этого. Подобное же явление наблюдается в физике, астрономии, механике, то есть буквально во всех областях знаний.

При непрерывном увеличении объема научно-технических материалов специалист любой отрасли науки ри-

скует превратиться из научного работника в архивариуса фактов, потому что значительная часть времени будет уходить у него на розыски требуемых сведений.

Учитывая все это, можно решить, что наступил такой период, когда человек не в состоянии извлечь из выходящей литературы все интересующие его данные.

Оказывается, нет. У нас ведутся работы над машиной типа ЭИМ (экспериментальная информационная машина), которая будет знакомить читателей с наиболее интересными техническими новинками.

Такая машина-библиограф обладает колоссальной по емкости «памятью». Она способна «запомнить» множество научных сведений и данных по самым различным отраслям знаний. Запас концентрируемых в ней сведений может непрерывно пополняться по мере поступления новой литературы.

Выдача необходимых материалов производится машиной по первому требованию в любой комбинации. Предположим, вам надо получить справку о всех работах, вышедших на русском или другом языке по тому или иному вопросу. Вы заполняете карточку-задание и спустя некоторое время получаете материал по интересующему вас вопросу в виде, допустим, микропленки или карточки с напечатанными на ней сведениями.

Легко представить себе, сколько времени можно сэкономить при помощи таких машин, подбирая сведения на интересующую вас тему.

В настоящее время электронно-счетная машина обрела много специальностей. Она, как говорят, может быть и швец, и жнец, и на дуде игрец.

В зарубежной печати появилось сообщение, что создана электронная «муза» — машина, сочиняющая стихи. В ее словарном фонде числами записано свыше миллиона слов, которые классифицированы по темам. Программа, заданная ей, предусматривает правила стихосложения.

Одна из песенок, созданных электронной машиной, сейчас весьма популярна в США. Она называется: «Берта, нажми кнопку». Ее часто передают по американскому радио.

Этот факт не говорит о том, что машина в будущем заменит поэтов, но он показывает, какие широкие возможности таят в себе электронно-счетные машины.

Механические рефлексy

Всеобъемлющая деятельность человеческого мозга представляет собой результат комбинированного действия примерно 14 миллиардов нервных клеток-нейронов, связанных между собой бесчисленным количеством нервных волокон.

Нейроны или пропускают сигналы, идущие из внешней и внутренней среды, или тормозят их прохождение. Здесь действует принцип включения и выключения.

Всякое живое существо находится в постоянном взаимодействии с окружающей средой. Способность реагировать на изменения во внешней среде полезными для себя действиями — важнейшее свойство всего живого. Без приспособления к меняющимся условиям среды организм не мог бы существовать.

Воздействие внешней среды и есть раздражение. Непосредственный ответ организма на такое раздражение называется рефлексом.

У простейших животных рефлексy имеют непроизвольный, автоматический характер. Крошечные инфузории торопливо двигаются в капельке воды взад и вперед, не обнаруживая как будто никакой зависимости от окружающего мира. Но стоит только положить в каплю крупинку соли, как они немедленно удаляются от нее. Возле зеленой водоросли они, наоборот, будут собираться. Причиной движения инфузорий является раздражение их солью или кислородом, выделяемым водорослью. Соль вредна, а кислород необходим для жизни. Различные раздражения вызывают соответствующую реакцию.

Великий русский физиолог И. П. Павлов разделил все рефлексy на врожденные и приобретенные. Врожденными, или безусловными, обладают простейшие животные. Способность же вырабатывать условные рефлексy развита только у высших организмов. Условные рефлексy приобретаются при взаимодействии организма с внешней средой. Они могут пропадать, когда исчезает вызвавшее их раздражение.

Исследуя механизм условных рефлексов, Павлов установил, что если в течение некоторого времени совмещать с едой действие света, звука или других раздражителей, то они в конце концов, даже без пищи, будут вызывать слюноотделение.

С изобретением электронно-счетных машин люди получили возможность воссоздавать выработку условных рефлексов у искусственных животных. В литературе описано несколько электронных приборов — «черепах», способных воспринимать различные сигналы: осязательные — при столкновении с препятствиями; звуковые и световые. Соприкосновение с препятствием «черепаха» «ощущает» вследствие замыкания электрических контактов, звук она улавливает при помощи микрофона, а свет фотоэлементом.

Если во время ряда опытов «черепаха» наталкивается на препятствие и в этот момент раздается звуковой сигнал, например свисток, то у нее вырабатывается «условный рефлекс», и в дальнейшем, реагируя только на свисток, она обходит препятствие, даже не столкнувшись с ним. Дело здесь в том, что случаи совпадения сигналов фиксируются в запоминающем устройстве, и у «черепахи» вырабатывается способность реагировать только на один звук без замыкания электрических контактов.

Английская фирма «Беркли», производящая электронно-счетные машины, выпустила забавную игрушку — мышь в лабиринте, устройство которой основано на принципе механических рефлексов. Это открытая алюминиевая коробка, перегородженная на 25 клеток. В одну из клеток лабиринта помещена железная мышь с головой, хвостом и даже с усами. Внутри ее находится магнит.

Если в наиболее отдаленную от мыши клетку лабиринта положить кусочек железа — «сала» и включить электронную машину, то мышь начинает двигаться. При этом она не сразу попадает в дверь соседней клетки, а только после того, как бесполезно ткнется носом в стенки. Так, в поисках дороги к «салу», она проходит через все клетки и, наконец, минуты через две доходит до него. Машину выключают, а мышь снова пересаживают в начальную клетку.

В следующий раз она уже не бьется о стенки клеток лабиринта. У нее выработался рефлекс, и она кратчайшим путем идет к «салу», находя его в восемь раз быстрее, чем прежде. Объясняется это тем, что при поисках наилучшего пути во внутреннем устройстве машины сохраняются лишь те электромагнитные связи, ко-

торым соответствует путь мыши к входу в соседнюю клетку. Все остальные, как ненужные, «стираются». Вот почему на вторичные поиски «сала» уходит значительно меньше времени.

Аналогичная мышь сконструирована и советскими специалистами.

Иностранные фирмы строят автоматы, подражающие движениям людей. Фирма «Дженерал электрик компани» сделала робота, управляемого на расстоянии. Вес его 5 тонн. Перемещается он на колесах. Робот приводится в движение двадцатью четырьмя маленькими электромоторами, из них девять расположены в руке и обеспечивают имитацию движений рук человека: открывают и закрывают двери, поворачивают ручки и даже могут поднимать монеты с пола. Гидравлический насос с электрическим управлением позволяет роботу создавать толкающее усилие в 4 тонны.

Механический слуга предназначен для работы возле ядерного реактора, а управляют им из помещения, защищенного от вредного действия излучения.

Электронно-счетные машины наделяются сейчас человеком способностью к «саморазвитию».

В практике известен следующий факт. Для обслуживания домны выделили опытных специалистов. При их непосредственном участии вырабатывался наилучший режим агрегата. Одновременно в качестве «ученика» к домне приставили электронно-счетную машину. Она сравнивала новые данные с имевшимися ранее и, «анализируя» результат по программному заданию, выбирала наиболее рациональную последовательность и продолжительность операций. Через месяц специалисты были удалены и контроль за работой домны стало осуществлять электронно-счетное устройство.

Научившись у людей ведению наивыгоднейшего режима, оно стало как бы «саморазвиваться», повышать свою квалификацию путем отбора самых лучших параметров процесса.

«Саморазвивающиеся» машины уже не новость в современной технике. А вот управление на расстоянии рядом заводов и предприятий, которое можно осуществ-

вить при помощи этих машин, — совершенно новая проблема.

Однако пути решения ее уже известны.

Нетрудно представить себе предприятие недалекого будущего, когда электронно-счетные устройства будут специализированы и расставлены на соответствующих участках производства. Вот машины, управляющие химическими и энергетическими процессами, «докладывают» о работе на своих участках главной управляющей машине, расположенной на центральном пункте телеуправления всеми предприятиями района. На электростанциях и подстанциях автоматические операторы пускают и останавливают агрегаты, включают и отключают линии передач, регулируют напряжение, распределяют мощности между станциями и агрегатами.

Новейшие счетно-решающие устройства, обладая огромной скоростью вычислений, смогут поддерживать систему в заданном, наиболее выгодном режиме и автоматически обеспечивать бесперебойную работу предприятий.

Электромагнитная запись изображения

Записать электричеством можно любое сложное явление, лишь бы оно переводилось на язык электрических импульсов.

Даже движущиеся изображения, видимые глазом, стали сейчас превращать в импульсы тока, записывать и, следовательно, запоминать.

— К чему, — скажут нам, — проделывать такие фокусы, когда память о зримом прекрасно сохраняют кинофильмы и фотографии?

Но не надо забывать, что фотографическая техника слишком сложна и медлительна. Сколько она требует операций! Приготовление эмульсии, съемка, проявление, промывка, закрепление, печатание снимка, сушка. Все эти стадии показались бы нам ужасно трудными, если бы мы узнали о них только сегодня.

Представьте себе на минуту, что фотографии не существует и некий изобретатель начинает рассказывать о созданном им методе записи световых явлений на частицах серебра, обработанных в темноте сложным химическим путем. Наверное, понять его было бы трудно.

Куда проще электромагнитное «запоминание» изображения: записал на магнитной ленте и воспроизводи прямо с нее же. Все зависит только от ширины ленты и от скорости ее движения, сильно влияющих на качество полученного изображения.

Электромагнитные записи изображения хранятся длительное время, и в любой момент, когда в этом возникнет необходимость, их ничего не стоит воспроизвести на телевизионном экране.

Заполненная магнитная лента сразу же готова к воспроизведению записанного. И в этом ее значительное преимущество перед кинолентой, требующей после съемки длительной химической обработки.

Широкие возможности открывает электромагнитная запись изображений перед кинотехникой. В процессе киносъемки каждая готовая сцена может быть немедленно показана режиссеру и артистам и в случае необходимости переделана. При неудачной съемке ленту не выбрасывают, а лишь быстро размагничивают и вновь используют для повторных записей изображения и звука.

Мы ограничились обрисовкой только главных ветвей радиоэлектроники, изложив вкратце основные принципы ее.

Серьезный экзамен держала советская радиоэлектроника при создании и запуске первого в мире искусственного спутника Земли. Надо сказать, что справилась она с этим испытанием блестяще.



ПУТЬ К ЗВЕЗДАМ

Спутник — дитя науки и техники

Спутник!..

Его рождение 4 октября будут ежегодно справлять во всех странах мира. А историки отметят день появления его на свет в 1957 году как важнейшую дату, когда был сделан первый шаг в космос. Они засвидетельствуют, что происшедшее событие мгновенно овладело умами человечества.

Небывалое явление — первая искусственная Луна!

Небывалая скорость движения вокруг земного шара — 8 километров в секунду: в несколько раз быстрее пули!

Небывалая высота — 900 километров над поверхностью земли!

«Этим эффектным шагом, — писала английская газета «Санди экспресс», — русские продемонстрировали всему миру гений своих ученых и талант своих техников».

На всех языках мира шли приветствия в Страну Советов, так как никто из жителей земного шара не

был «обижен» советской Луной. Облетая планету примерно за полтора часа, она везде оповещала о своем появлении радиосигналами миниатюрного передатчика. «Голос» из космоса завораживал людей всех национальностей.

Русское слово «спутник» стало международным.

Успех Советского Союза — это прежде всего величайший подвиг советской науки и техники. Он мог быть совершен лишь страной, имеющей первоклассный научно-технический персонал, страной с весьма высоким уровнем развития ряда областей науки и техники, таких, как математика, физика, химия, электроника, металлургия, если назвать лишь самые важные отрасли.

К 40-летию юбилею Советского государства наши ученые подвели итоги в некоторых областях своей деятельности. Физики весной 1957 года ввели в строй самый мощный в мире ускоритель ядерных частиц — синхрофазотрон; кораблестроители подготовили к плаванию атомоход «Ленин» — ледокол с атомным двигателем; у авиаторов семья воздушных экспрессов пополнилась гигантскими самолетами, способными совершать трансконтинентальные рейсы со скоростью около тысячи километров в час.

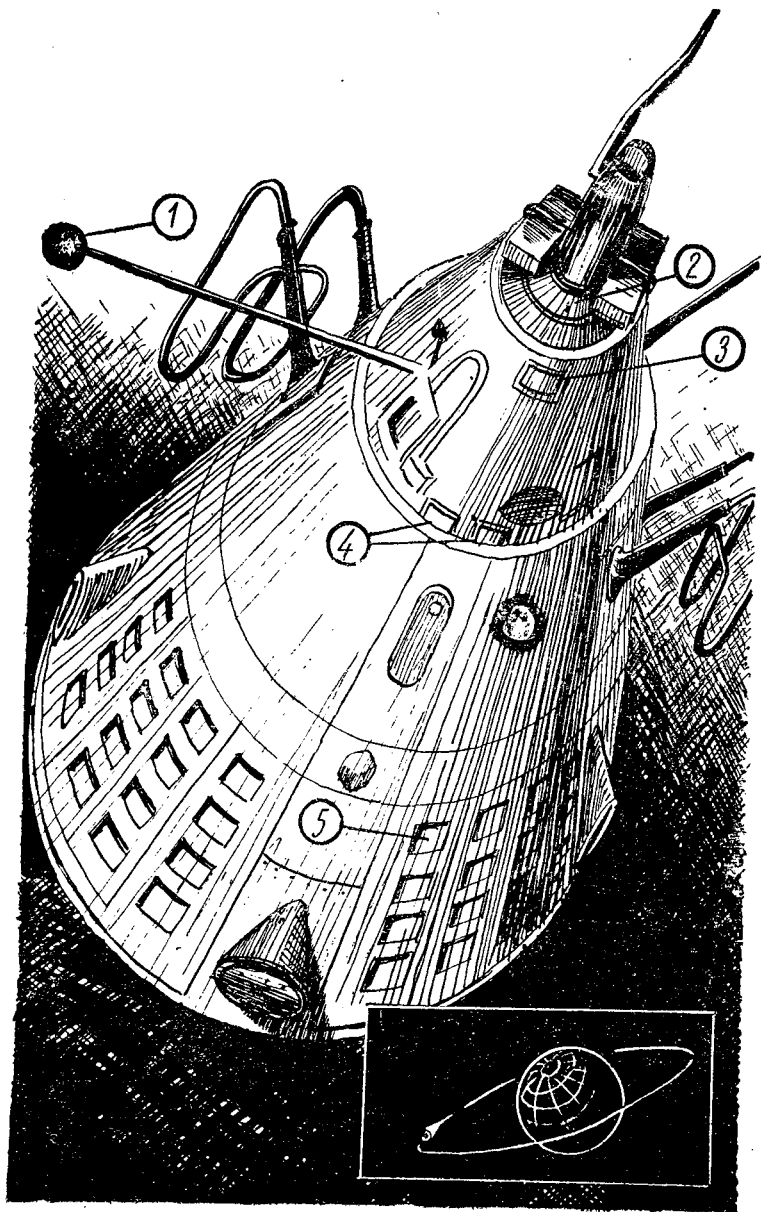
Синтезом достижений советской науки и техники, в том числе и радиоэлектроники, явились наши искусственные спутники Земли.

До запуска первого спутника полеты в верхние слои атмосферы были кратковременными. Геофизические ракеты и ракеты с животными, достигнув высоты в несколько сот километров, немедленно возвращались обратно.

Первый спутник совершал путь в заатмосферных высотах на протяжении нескольких месяцев. Это не просто искусственная Луна, а нечто значительно более важное — в космосе летала первая в истории науки заатмосферная лаборатория.

Третий советский искусственный спутник Земли:

1 — ионная ловушка; 2 — полупроводниковая солнечная батарея; 3 — прибор для обнаружения фотонов; 4 — прибор для обнаружения ядерных частиц; 5 — автоматические заслонки для регулирования температуры.



Запуском второго спутника ученые Советского Союза открыли новый этап в освоении космоса. Второй советский искусственный спутник Земли совершал свой полет уже на высоте до 1 700 километров и нес на борту первую космическую путешественницу — собаку Лайку.

За вторым спутником последовал третий, еще более тяжелый по весу и более сложный по оснащению научным оборудованием. Вес его 1 327 килограммов, в том числе вес аппаратуры для проведения научных исследований, радиоизмерительной аппаратуры и источников питания 968 килограммов. Наибольшая высота полета третьего спутника 1 880 километров, а время его обращения вокруг Земли 106 минут.

Советские люди воздают должное своим ученым, конструкторам и рабочим, которые порадовали нашу Родину выдающимися достижениями. Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР, Совет Министров Союза ССР высоко оценили их самоотверженный труд. За выдающиеся достижения в области науки и техники, позволившие создать и запустить искусственные спутники Земли, большой группе ученых, конструкторов и специалистов присуждена Ленинская премия, лучшие из них удостоены звания Героя Социалистического Труда.

В ознаменование создания и запуска в Советском Союзе первого в мире искусственного спутника Земли принято решение соорудить в нашей столице, Москве, обелиск.

Лаборатория в космосе

Исследования космических «окрестностей» земного шара до запуска спутников производились у нас при помощи геофизических ракет. Данные этих исследований показали, что ионосфера не представляет собой четко и резко отделенных друг от друга слоев, а похожа скорее на сплошной массив ионизированного газа. При помощи ракет удалось зафиксировать спектр Солнца. Однако для длительных наблюдений ракеты не годны: они держатся на заданной высоте весьма незначительное время.

Совсем другое дело спутник. Его забрасывают на разные высоты, и он посылает оттуда на Землю сведения, зафиксированные находящимися в нем приборами. Таким образом, при помощи спутников мы узнаем давление, температуру, плотность, химический состав, степень ионизации верхних слоев атмосферы и получаем другие данные, необходимые для решения целого ряда проблем, связанных с изучением космического пространства.

Воздушный океан, «омывающий» нашу планету, выполняет важнейшую роль. Верхние слои его защищают живые существа на Земле от вредного влияния некоторых видов солнечного излучения, спасают все живое от губительного воздействия космических лучей и предохраняют от метеоритов, непрерывно падающих на Землю из мирового пространства.

Явления, связанные с солнечной деятельностью, отражаются на состоянии нижних слоев атмосферы, на развитии циклонов и антициклонов, а это влечет за собой изменение погоды в разных частях земного шара. Солнечные излучения ионизируют верхние слои атмосферы, что в свою очередь влияет на распространение радиоволн.

В периоды повышенной солнечной деятельности ионосфера подвергается усиленному воздействию солнечной радиации. В связи с этим возникают ионосферные и магнитные бури, сопровождающиеся сильными полярными сияниями, резкими нарушениями радиосвязи и возрастанием потока космических лучей.

Изучить эти явления помогают искусственные спутники с радиотехническими приборами на борту. Облетая земной шар со скоростью 29 тысяч и более километров в час, они практически чуть ли не мгновенно делают обзор колоссальных территорий и могут сообщать данные о ледовой обстановке на севере, о движении формирующихся над морями и океанами воздушных масс, оказывающих большое влияние на погоду.

Но каким же образом спутник передает сведения на Землю?

Каждый прибор или аппарат, установленный на нем, производит в пункте наблюдения те или иные измерения. Они перерабатываются в электрические им-

пульсы, которые после усиления поступают на Землю при помощи автоматического радиопередатчика.

Первые спутники не были рассчитаны на возвращение. Постепенно теряя скорость, они снижаются, входят в плотные слои атмосферы и сгорают от трения о воздух, как метеоры. Однако ученые и инженеры уже работают над тем, чтобы обеспечить спуск спутников на Землю в полной сохранности, с приборами и аппаратурой.

На искусственной Луне можно установить телескоп и телевизионный передатчик. Если в поле зрения этого телескопа на высоте тысячи и более километров от Земли удастся удержать какую-либо звезду, то ее можно будет наблюдать по телевидению в совершенно иных, гораздо лучших чем с нашей планеты условиях. Таким образом, спутник раскрывает перед астрономами широкие возможности для наблюдения даже за такими звездами, излучение которых не доходит до нас.

В настоящее время у астрономов накопилось немало загадок, связанных с изменениями на поверхности Луны.

Там, на дне существующих кратеров неожиданно появляются новые, как, например, на дне известного кратера Платон возникло еще несколько. Некоторые кратеры вдруг бесследно исчезают. Это относится, в частности, к кратеру Альхазен, имевшему диаметр 40 километров.

Над лунной поверхностью наблюдаются какие-то таинственные белые облака. Таинственные потому, что на Луне, как известно, нет атмосферы.

Загадки Луны удастся разрешить при помощи искусственных спутников.

Первые советские спутники выводились на орбиту со скоростью, превышающей 8 тысяч километров в секунду. Путь их вокруг земного шара проходил по сплюснутой окружности — по эллипсу. Если бы скорость была немного меньшей, то орбита представляла бы окружность, а если большей, то вытянутый эллипс. При скорости 10 200 километров в секунду эллипс вытянется до Луны. Так, искусственный спутник Земли, запущенный в сторону ее естественного спутника, сумеет облететь Луну. Теперь представьте себе, что на этом спутнике

установлено телевизионное устройство. Находясь на Земле, мы увидим лунные пейзажи, в том числе и те, которые всегда были скрыты, поскольку Луна обращена к нашей планете только одной стороной.

Первая искусственная планета

2 января 1959 года, в начале первого года семилетки, свершилось другое знаменательное событие — отправлена в космический рейс по направлению к Луне первая межпланетная ракета. По размерам и оснащению ее можно назвать космическим кораблем.

Пройдя наиболее близкую к Луне точку своей траектории, она унеслась в космическое странствование по просторам солнечной системы, превратилась в первую искусственную планету.

Задачи, поставленные при пуске ракеты, были полностью выполнены. Советские люди получили новые сведения о Вселенной.

Успешный запуск многоступенчатой космической ракеты в сторону Луны знаменует собой еще одно замечательное достижение нашей отечественной науки и техники, открывает эру межпланетных полетов. Это признают ученые и государственные деятели разных стран.

Мировая печать единодушно отмечает, что Советский Союз сумел опередить Соединенные Штаты Америки в создании горючего невиданной еще мощности; в постройке снаряда из материалов, способных выдержать огромную скорость полета; в использовании необычайно точных приборов, необходимых для придания ракете нужного направления; в запуске к Луне последней ступени ракеты, весящей 1472 килограмма, тогда как американские военные не один раз пытались запустить в этом же направлении последнюю ступень своей ракеты весом лишь в 26,8 килограмма. При этом подчеркивается, что движущая сила советской ракеты превосходит движущую силу американской ракеты «Атлас» по меньшей мере в четыре раза.

Особенно примечательна, пишут ученые, небывалая космическая скорость ракеты — 11,2 километра в се-

кунду и больше. У спутников она равна 8, у самого быстрого снаряда — 1,5—2 километрам в секунду.

Итак, абсолютное превосходство в ракетной технике принадлежит нашей стране.

Величайшие тайны Вселенной делаются теперь доступными человечеству.

Находясь на Земном шаре, мы не знали, является ли магнитное поле Земли особенностью только нашей планеты или оно свойственно и другим.

Живя на Земле, мы не имели возможности даже с помощью искусственных спутников раскрыть секреты космических лучей. Теперь такая возможность появляется.

Межпланетное пространство мы представляли как среду, пронизанную космическим холодом. Советская межпланетная ракета еще в своем долунном полете передала, что температура ее наружной поверхности равна 15—20 градусам тепла.

Мы не могли определить, существует ли радиоактивность на Луне. А ведь наличие или отсутствие радиоактивности на планетах солнечной системы покажет, возможна там жизнь или нет.

Звездные корабли

Мы живем в XX веке, который войдет в историю человечества как начало эпохи межпланетных сообщений. Нам, а не далеким нашим потомкам суждено провожать исследователей в первый путь на соседние планеты. Возможно, среди них окажется кто-либо из читателей этой книги.

Для этих путешественников ученые и инженеры вынашивают проекты конструкций космических кораблей, инженеры-химики готовят новые искусственные материалы, прочнее природных, физики вместе с механиками создают атомные двигатели, астрономы составляют карты маршрутов.

Покинув родную Землю, наши космонавты не испытают чувства одиночества, как путешественники прошлых столетий. Оторвавшись от земной поверхности, они сразу же начнут разговор с «материком»...

— Слушайте нас! Слушайте нас! — прозвучит их голос в репродукторах и радиоприемниках. — Мы наблюдаем то, чего еще никто не видел!

И жители земного шара как бы сами будут участвовать в путешествии по космосу. Через несколько часов жители Земли, интересующиеся полетом, услышат:

— Внимание, внимание! Говорит звездный корабль. говорит звездный корабль! Подлетаем к станции. Наш корабль описывает круг над безжизненной пустыней, выбирая место для посадки...

Без сомнения, отважные путешественники благополучно совершат посадку и, находясь на другой планете, будут говорить со своими родными и слушать «Последние известия» московского радио.

— Однако какая польза от того, что мы познаем Вселенную? — заметит кто-либо из скептиков. А такие еще есть!

Ученые насчитывают в одной только нашей галактике свыше миллиарда планет. Если это так, то, живя постоянно на Земле, мы можем оказаться в положении жителей острова, которые, не умея плавать и передвигаться по воде, лишь издали наблюдают за виднеющимся вдалеке неведомым берегом. Над ним иногда поднимается дым. Что это? Возможно, гроза зажгла дерево, а может быть, там живут люди и жарят пищу? Или они сигнализируют о своем существовании?

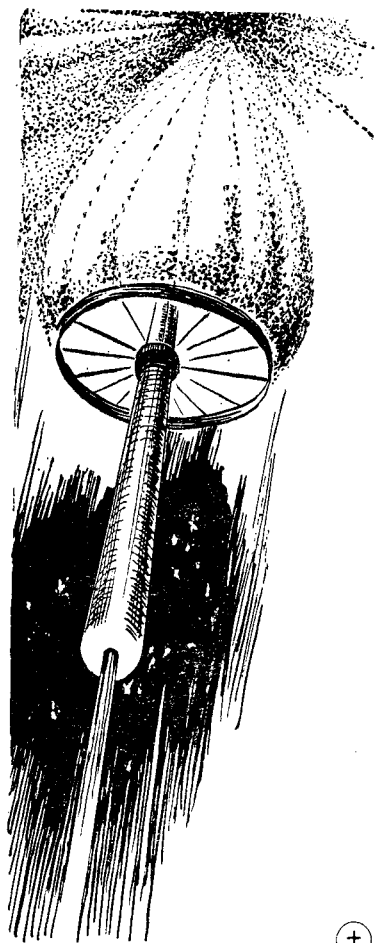
Так и мы, находясь на одном из островов Вселенной, получаем порой сигналы из космоса в виде радиоизлучений. Может быть, среди них есть радиограммы от соседей, населяющих другие планеты?

Пока этого нельзя сказать наверняка. Разведка в космосе разрешит загадку.

Вслед за первыми смельчаками, отважившимися «плыть» по космическому «океану», жители Земли станут прибывать на соседние планеты на огромных звездных кораблях.

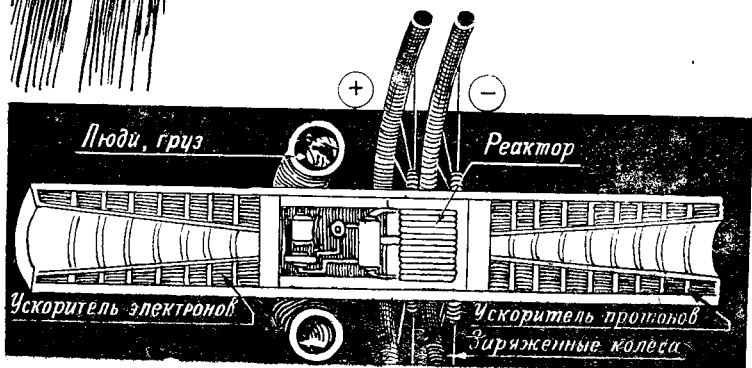
И дело не в том, чтобы быстро облететь все населенные и ненаселенные неизвестные нам миры. Их нужно изучить и освоить.

Уже сейчас ученые говорят о ракетах, способных летать не на химическом и не на ядерном горючем, а на энергии фотонов или протонов.



При столкновении разнозаряженных атомных частиц вещество переходит в излучение. Так, при столкновении электрона с позитроном образуются фотоны. Если в двигателе будущего космического корабля осуществить слияние двух потоков таких противоположно заряженных частиц, то возникнет необычайной силы фотонная струя, которая с невероятной скоростью понесет корабль к звездным мирам.

На специальных ускорителях, находящихся на ракете, протоны приобретают скорость, близкую к скорости света, и вылетают из ракеты. Звездный корабль становится отрицательно заряженным и постепенно начинает приобретать все большую и



Звездный корабль

большую скорость движения в сторону положительно заряженной системы.

Такой звездный корабль существует пока в фантастических проектах, но принцип действия его далеко не фантастичен.

Атомная энергия открывает путь к планетам солнечной системы, а энергия, образующаяся при переходе вещества в излучение, — к звездам.

Для космических рейсов будут созданы новые, фотонные двигатели.

Длиннейший путь от Москвы до Владивостока на нашей планете равен нескольким тысячам километров. Расстояние между планетами в солнечной системе составляет сотни тысяч километров. А путь до звездных миров Вселенной придется измерять световыми годами. Световой год — это расстояние, пробегаемое световым лучом в течение года. Оно равно примерно 9,5 триллиона километров.

Расстояния, которые придется преодолевать, в миллионы раз длиннее привычных нам путей на Земле. Но ведь и энергия, которая будет служить космонавтам, в миллионы раз мощнее энергии топлива, движущего земные корабли. Владея ею, мы отправимся в путь на искусственной «планете», чувствуя себя как на Земле.

На этой «планете», заселенной и оборудованной всем тем, что есть на Земле, жизнь потечет подобно земной. Только люди полетят на ней не вокруг Солнца, а по намеченному маршруту к соседним мирам. Поэтому потребуются создать целую флотилию космических кораблей и установить регулярные рейсы между планетами.

* * *

Будущее человечества формируется не теми, кто проповедует небесное житие в раю после смерти, а теми, кто готовится лететь в «небеса» при жизни. Это будущее принадлежит не тем, кто домогается покорения всего мира и прячет богатства науки в скорлупу атомной и водородной бомбы. Будущее за теми, кто, развивая науку, ставит ее на службу прогрессу и счастью людей.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Строение атома

Изучение невидимок	3
Проникновение в недра атома	6
Разгадка тайн внутреннего строения вещества	7
Атомы в атоме	9
«Ядерный клей»	11
Атомы-близнецы	12
Химическая азбука	13
Карта атомного мира	17

Вращающийся электрон

Химические превращения	21
Секрет химической связи	22
Магнетизм — свойство материи	26
Энергетические «этажи» в атоме	29
Рождение света	30
Работа фотонов	33
Что такое цвет	34
«Оперирование» молекул	36
Молекулы красителей	38
Светящиеся молекулы	40
Люминесценция в технике и в быту	42
Химическое освещение	45

Управляемый электрон

«Бродячие» электроны	48
Электроны и свойства металлов	51
Силовые поля	54
Быстрее света	55
Электрический глаз	59
Электроны-труженики	61
Электронные весы	64
Ток усилен в миллионы раз	65
Телевидение	66
Промышленное телевидение	69

Электронный микроскоп	74
Радиоволны	76
Путешествие песни	78

Век радиоэлектроники

Электроны — важнейшие «детали» приборов и машин	81
Радиолокация и радионавигация	82
Радиометеорология	85
«Радиоокно» во Вселенную	87
Радиотелескопы	89
Радиолокационная астрономия	90
Атомы-генераторы радиоволн	91

Крушение монополии электронной лампы

Кристаллы вместо радиоламп	93
Рекордсмены по миниатюрности, экономичности и долго- летию	95
Молекулы-приемники и молекулы-передатчики радиоволн	96
Полупроводниковые материалы	98
Полупроводники на службе техники	99
Желтый уголь	105
Солнечная батарея	106

Электронный «мозг»

Молниеносный счет	110
Электронные «математики»	112
Машины, имеющие «память»	113
БЭСМ	115
Механизация умственного труда	117
Машина-переводчик и машина-библиограф	119
Механические рефлексy	122
Электромагнитная запись изображения	125

Путь к звездам

Спутник — дитя науки и техники	127
Лаборатория в космосе	130
Первая искусственная планета	133
Звездные корабли	134

*Издательство просит читателей
посылать свои отзывы на книгу
по адресу:
Москва, Центр, ул. Кирова, 13,
Профиздат*

Издательство ВЦСПС ПРОФИЗДАТ — ул. Кирова, 13

Буянов Александр Федорович

УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭЛЕКТРОН

Редактор *И. Н. Скорубская* Художники *Е. Ф. Капустин, Ю. Ф. Алексеева*
Техн. редактор *Н. Д. Шадрина* Худ. редактор *Е. В. Шворак*

Подп. к печати 14/V 1959 г. А 03751 Бумага $84 \times 108 \frac{1}{32} = 8,75$ п. л. или усл. 7,18 л.
Уч.-изд. 6,91 л. Тираж 10 500 Цена 2 р. 10 к. Зак. 166.

1-я типография Профиздата, Москва, Крутицкий вал, 18.

ЦЕНА 2 р. 10 к.

Д1
5140

ПРОФИЗДАТ

1959