

РРР 2

Г 18

9 II 10939.

Гампсонъ - Шеферъ



Курьскъ Курьскъ



ПРОВЕРЕНО 69



1910.

ПАРАДОКСЫ ПРИРОДЫ.



9 II 10939.

ГАМПСОНЪ-ШЕФЕРЪ.

5
1-18
2/3

ПАРАДОКСЫ ПРИРОДЫ.

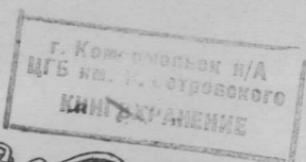


Переводъ съ нѣмецкаго.

4

37501

Съ 3 таблицами и съ 64 рисунками въ текстѣ.



ОДЕССА, 1910.



1945

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стр.
Введеніе	I

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ.

Механическіе парадоксы.

I. Экипажи и другія средства передвиженія.

1. Телѣжка, которую легче возить по ровной дорогѣ нагруженной, чѣмъ пустой	3
2. Когда поѣздъ движется со скоростью 90 килом. въ часъ, какія части его движутся при этомъ въ обратную сторону со скоростью около 15 кил.? . .	6

II. Вращательныя движенія.

1. Чудесное колесо, которое вращается безъ видимаго двигателя	9
2. Твердыя тѣла, которыя не подчиняются силѣ тяжести.	16

III. Движеніе при катаніи и при полетѣ.

1. Разумные бильярдные шары	23
2. Бросаніе шаровъ за уголь	28
3. Бумеранги	35
4. Шары въ качествѣ воздушныхъ кораблей	42
5. Путь птицы въ воздухѣ	49

IV. Жидкости и газы.

1. Фунтъ уравниваетъ центнеръ	53
2. Жидкости, которыя не падаютъ; вода, которая течетъ вверхъ	58



	Стр.
3. Возрастаніе вѣса безъ увеличенія массы	63
4. Отталкиваніе и притяженіе, вызываемыя одной и той же причиною	70

V. Неправильныя примѣненія закона рычага.

1. Мнимыя преимущества ломаннаго велосипеднаго ша- туна	74
2. Мельница, которая постоянно вертится	78

ВТОРАЯ ЧАСТЬ.

Парадоксальныя явленія изъ ученія о внутрен- нихъ физическихъ состояніяхъ.

I. Замерзаніе и таяніе.

1. Таяніе льда, сопровождающееся пониженіемъ его тем- пературы	81
2. Плавленіе льда безъ притока тепла и безъ пониже- нія температуры	84
3. Разрѣзать ледъ такъ, чтобы части не отдѣлились другъ отъ друга	85
4. Ледъ, который не таетъ въ сосудѣ съ кипящей водой.	89
5. Расширеніе и сжатіе, вызываемыя одной и той же причиною	91
6. Разрывное дѣйствіе замерзающей воды	95

II. Паръ и испареніе. .

1. Разрывное дѣйствіе горячей воды	96
2. Взорвано или раздавлено?	100
3. Какъ можно охлажденіемъ довести воду до кипѣнія?	102
4. Какимъ образомъ можно малымъ количествомъ воды охладить предметъ сильнѣе, чѣмъ большимъ	105

III. Теплопроводность.

1. Сосудъ, слишкомъ горячій для того, чтобы въ немъ можно было кипятить воду	107
--	-----

2. Можно ли погрузить руку въ расплавленный свинецъ? 109
3. Ходьба по накаленнымъ до-красна камнямъ 110

IV. Замѣчательныя струи пара.

1. Можно ли провести рукой сквозь горячую струю пара? 112
2. Какимъ образомъ слабый побѣждаетъ сильнаго? . 113

V. Легко испаряющіяся жидкости.

1. Какъ можно заморозить жидкость путемъ кипѣнія? 115
2. Можетъ ли ледъ быть источникомъ теплоты? . . . 122

VI. Мнимыя „Perpetuum mobile“.

1. Жидкій воздухъ и „вѣчно продолжающееся движеніе“ 124
2. „Неисчерпаемый“ источникъ тепла 126
3. Часы, которые никогда не останавливаются 127

VII. Магнитизмъ.

1. Притягиваніе безъ веревки 129

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ.

Химическіе парадоксы.

I. Замѣчательныя химическія соединенія.

1. Огонь въ качествѣ источника воды 137
2. Вода, какъ источникъ теплоты 139
3. Тѣла, одинаковыя по составу, но различныя по свойствамъ 141

II. Распаденіе атомовъ.

1. Философскій камень 144
2. Всеобщее превращеніе элементовъ 146

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ.

Биологическіе парадоксы.

I. Нѣчто о строеніи тѣла человѣка и животныхъ.

	Стр.
1. Лошадь въ качествѣ балетной танцовщицы	148
2. Насосы безъ поршня	152

II. Глазъ и зрѣніе.

1. Слепое пятно въ здоровомъ глазу	158
2. Двойное зрѣніе	161
3. Можно ли видѣть черезъ руку?	163
4. Синій и желтый цвѣта не даютъ при смѣшеніи зеленого	166
5. Какимъ образомъ можно смотрѣть на одинъ цвѣтъ и видѣть другой?	167

III. Глаза въ качествѣ лжесвидѣтелей.

1. Противоположныя движенія могутъ показаться одинаковыми	169
2. Параллельныя линіи, которыя не кажутся параллельными, и линіи, которыя кажутся параллельными, но не суть параллельны	172
3. Ложное сужденіе о высотѣ	175
4. Кажущаяся непрерывность зрительныхъ ощущеній	178

IV. Уши въ качествѣ ложныхъ свидѣтелей.

1. Чревоушаніе	179
2. Кажущаяся непрерывность слуховыхъ впечатлѣній	183

V. Ощущеніе въ роли ложнаго свидѣтеля.

1. Болѣе теплое кажется болѣе холоднымъ	185
2. Боль въ „ногѣ“ послѣ ея ампутаціи	186
3. Моментальное повиновеніе невозможно	187
4. Кажущаяся непрерывность осязательныхъ раздраженій	188

Приложеніе. Математическій парадоксъ.

Ахиллесъ не можетъ догнать черепахи	189
---	-----

ВВЕДЕНІЕ.

Любезный читатель! Составитель этихъ строкъ встрѣтилъ однажды человѣка, который доставлялъ себѣ удовольствіе тѣмъ, что онъ всегда утверждалъ противоположное тому, что всѣми признавалось, какъ истина. Его слушатели спустя много лѣтъ съ удовольствіемъ вспоминали о пріятныхъ часахъ, которые выпадали въ тѣхъ случаяхъ, когда имъ удавалось провѣрить правильность парадоксальныхъ утвержденій. Этотъ шутникъ умѣлъ мастерски защищать свои противорѣчивыя положенія, или казавшіяся таковыми, и нерѣдко къ удовольствію слушателей и оппонентовъ обнаруживалось, что въ парадоксахъ и загадкахъ нашего друга скрывалось зерно правды—временами даже очень крупное зерно. Однако онъ былъ не только шутникъ. Часто „въ дѣтской игрѣ скрывался глубокой смыслъ“. Никто изъ насъ всѣхъ, имѣвшихъ счастье проводить съ нимъ время, не уходилъ отъ него, не унося съ собою высокаго духовнаго удовлетворенія.

Такого занимательнаго наставника и друга я желаю и тебѣ, любезный читатель. Онъ поможетъ тебѣ заполнить цѣннымъ содержаніемъ не мало часовъ, которые у другихъ пропадаютъ даромъ. — Но ты спросишь меня: гдѣ же мнѣ найти такого друга? Оглянись вокругъ, — онъ постоянно вблизи тебя. Всмотрись въ природу и въ господство ея силъ! Взгляни на волчокъ, погоняемый вонъ тѣмъ мальчикомъ. Онъ также часть природы. Почему онъ не падаетъ? Онъ все еще стоитъ на своемъ остріѣ и подпрыгиваетъ, какъ будто не существуетъ силы тяжести, которая

заставляет его опрокинуться. Вотъ тебѣ настоящій парадоксъ природы. Если ты хочешь уразумѣть это, то стоитъ тебѣ только правильно спросить своего друга—природу. Разъ ты научился говорить на ея языкѣ, то она всегда тебѣ отвѣтитъ сущую правду. Но настоящая книга имѣетъ цѣлью показать тебѣ, съ чего тебѣ нужно начать, чтобы заставить ее говорить. Возьми ее, и пусть она будетъ тебѣ добрымъ другомъ!

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ.

МЕХАНИЧЕСКІЕ ПАРАДОКСЫ.

I. Экипажи и другія средства передвиженія.

1. Телѣжка, которую легче возить по ровной дорогѣ нагруженной, чѣмъ пустой.

Когда путешественники, возвращающіеся изъ Японіи, рассказываютъ намъ, что возница джинрикши^{*)} въ состояніи возить пассажира въ своей маленькой телѣжкѣ на разстояніи 40 км. и болѣе, то мы, принимая во вниманіе удивительную выносливость японцевъ, съ которой намъ пришлось познакомиться въ послѣднее время, считаемъ и это правдоподобнымъ. Когда же намъ рассказываютъ дальше, что возница джинрикши, даже не получая особаго вознагражденія за лишній трудъ, предпочитаетъ отвезти обратно своего пассажира, чѣмъ возить свою телѣжку пустой, то у насъ возникаетъ подозрѣніе, что намъ рассказываютъ небылицы. Но дѣйствительно, по ровной дорогѣ, содержащей въ хорошемъ состояніи, джинрикшу легче возить нагруженной, чѣмъ пустой. Какъ это объяснить? Прежде всего мы знаемъ, что гораздо легче везти 3 центнера въ легкой телѣжкѣ по проложенной дорогѣ, чѣмъ тащить 1 центнеръ на спинѣ, такъ какъ послѣдній способъ перенесенія тяжести требуетъ отъ ногъ, чтобы онѣ переносили добавочный грузъ въ 1 центнеръ. Возница джинрикши, воз-

^{*)} Джинъ—человѣкъ, рики—сила, ша—экипажъ.

вращающийся со своей пустой телѣжкой, долженъ переносить на своихъ ногахъ свой собственный вѣсъ. Было бы недурно, еслибъ онъ могъ перемѣстить часть своего вѣса со своихъ ногъ на колеса, даже если бы послѣднимъ пришлось перевозить вдвое больше этого. Но джинрикша устроена не такъ, чтобы можно было одновременно въ ней сидѣть и двигать ее впередъ, какъ это происходитъ на велосипедѣ. Единственный способъ перемѣщенія части своего вѣса на колеса джинрикши во время движенія послѣдней состоитъ въ томъ, чтобы опереться на оглобли.



Рис. 1. Японская джинрикша.

Но верхняя часть телѣжки такъ легка, что отъ самаго незначительнаго давленія на оглобли она поднимается вверхъ. Такимъ образомъ, чтобы приспособить оглобли для несенія значительной части вѣса возницы, послѣднй долженъ создать противовѣсъ, помѣщая для этого достаточную тяжесть на сидѣнны своей телѣжки. Этотъ противовѣсъ долженъ

быть значительно тяжелѣе той части собственнаго вѣса возницы, отъ которой онъ хочетъ освободиться, такъ какъ точка приложенія противовѣса ближе къ точкѣ вращенія, а соотвѣтствующее ему плечо рычага короче. Пассажиръ въ дѣйствительности явится подходящимъ грузомъ для этой цѣли.

Если на рис. 2 центръ тяжести пассажира (надъ *A*) находится позади лежащей надъ *C* оси колесъ на разстоянїи вдвое меньшемъ, чѣмъ точка *B*, на которую возница переноситъ часть своего вѣса и которая находится впереди него, то ясно, что рычажное плечо для *B* вдвое длиннѣе, чѣмъ для *A*. Поэтому, если

возница и его пассажиръ имѣютъ одинаковый вѣсъ, то половина вѣса возницы уравновѣшиваетъ весь вѣсъ пассажира. Но если половина вѣса тѣла человека покоится на оглобляхъ у *B*, то

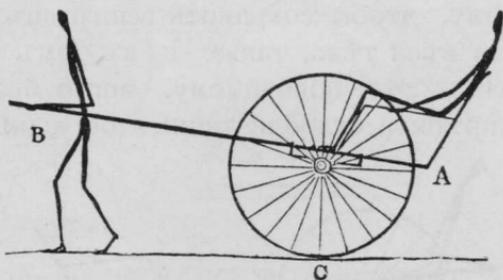


Рис. 2. Равновѣсїе на нагруженной джинрикшѣ.

ногамъ приходится переносить одну только другую половину. Это большое облегченіе. Съ другой стороны, работа на перемѣщеніе вѣса пассажира и половины собственнаго вѣса помощью легкихъ колесъ и на хорошей дорогѣ,—очень мала. Во всякомъ случаѣ она не можетъ уничтожить выигрышъ, состоящїй въ томъ, что человекъ освободилъ свои ноги отъ половины вѣса своего тѣла. Такимъ образомъ джинрикшу дѣйствительно легче везти нагруженной, чѣмъ пустой.

Излишне, конечно, говорить, что японскїй возница джинрикши обыкновенно не безвозмездно отвозитъ своего пассажира назадъ. Но если онъ отказывается безвозмездно возить обратно, то это происходитъ больше изъ коммерческихъ мотивовъ, чѣмъ изъ механическихъ соображеній.

Вышеизложенное не имѣетъ мѣста въ томъ случаѣ, когда путь идетъ въ гору. Въ подобныхъ случаяхъ работа, затрачиваемая на перевозку груза, увеличивается работой, необходимой на перемѣщеніе данной тяжести на требуемую

высоту. Если приходится удвоить работу принятиемъ пассажира, то выигрышъ, получаемый отъ перенесенія половины собственного вѣса тѣла на колеса, по крайней мѣрѣ уничтожается этимъ. То же самое имѣетъ мѣсто и въ случаѣ размягченного грунта. Работа, затрачиваемая на перевозку, увеличивается тогда отъ увязанія колесъ въ землю. Для легкой джинрикши безъ груза это не имѣетъ значенія; но если присоединить вѣсъ пассажира и половину вѣса возницы джинрикши, то дѣло становится серьезнѣе,—и пассажиръ, не платящій денегъ за проѣздъ, былъ бы нежелателенъ. Было бы интересно знать, дѣлались ли попытки къ тому, чтобы сохранить выигрышъ, состоящій въ уменьшеніи вѣса тѣла, также и въ томъ случаѣ, когда пассажира нѣтъ. Это, повидимому, могло бы быть достигнуто, если укрѣпить оглобли такимъ образомъ, чтобы онѣ могли перемѣщаться вдоль телѣжки у оси. Если вѣсъ сидѣнья составляетъ $\frac{1}{4}$ вѣса тѣла возницы, то оно должно было бы имѣть вчетверо большее рычажное плечо, чтобы уравновѣсить вѣсъ тѣла, и вдвое большее плечо, чтобы уравновѣсить полови-

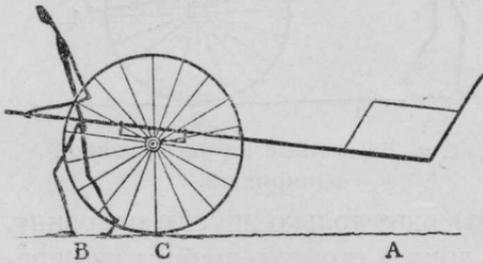


Рис. 3. Достиженіе равновѣсія на пустой джинрикшѣ.

ну его. Когда пассажира нѣтъ, сидѣнья отодвигаютъ назадъ, какъ показано на рис. 3, пока AC не будетъ въ три раза длиннѣе BC . Тогда человекъ можетъ переложить на оглобли $\frac{3}{4}$ своего вѣса,—другими словами, онъ можетъ освободить свои ноги отъ $\frac{3}{4}$ вѣса своего тѣла, не присоединяя ничего къ общей тяжести, даже въ случаѣ поднятія на гору.

2. Когда поѣздъ движется со скоростью 90 км. въ часъ, какія части его движутся при этомъ въ обратную сторону со скоростью около 15 км.?

Настоящая глава имѣетъ цѣлью показать, что когда, на примѣръ, курьерскій поѣздъ движется съ вышеуказанной скоростью, то въ каждомъ вагонѣ, равно какъ въ локомо-

тивъ и въ тендерѣ всегда можно найти небольшія части, которыя дѣйствительно движутся въ обратную сторону со скоростью 15 километровъ въ часъ. Какъ это возможно?

Возьмите круглую пластинку величиною въ полтинникъ и проведите на ней радиусъ AC (рис. 4). Положите этотъ кружокъ плоской поверхностью на столъ противъ края плоской, тонкой линейки или другого предмета, болѣе тонкаго, чѣмъ пластинка; послѣднюю кладите такъ, чтобы она касалась линейки въ точкѣ C . Теперь слегка катите

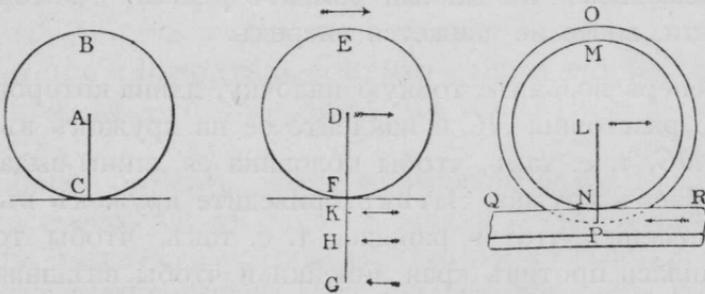


Рис. 4. Къ доказательству, что извѣстныя части желѣзнодорожнаго вагона движутся въ сторону, обратную движению поѣзда.

кружокъ впередъ и назадъ вдоль линейки такъ, чтобы точка B передвигалась на 2—3 мм. При самомъ внимательномъ наблюденіи нельзя замѣтить движенія точки C . Только тогда можно будетъ замѣтить перемѣщеніе точки C отъ края линейки, если мы будемъ катить кружокъ нѣсколько дальше, такъ чтобы точка B передвинулась на 4—5 мм. Въ противномъ случаѣ нельзя различить никакого движенія точки впередъ или назадъ по направленію линейки.

Этотъ фактъ можетъ быть провѣренъ въ большемъ масштабѣ, если покатить велосипедъ до какого-нибудь вертикальнаго препятствія, напр., до стѣны дома. Проведемъ теперь мѣломъ черту на самой нижней точкѣ колеса и на землѣ подъ этой точкой. Послѣ этого покатаемъ немного велосипедъ отъ стѣны, и когда онъ смѣстится на 25 мм., намъ будетъ казаться, что отмѣченное мѣсто на колесѣ вовсе еще не двигалось. Если медленно покатаемъ велосипедъ немного дальше, то первое видимое движеніе отмѣченной точки будетъ движеніемъ отъ земли, т. е. по на-

правленію кверху. Удаленія-же черты отъ стѣны все еще нельзя будетъ замѣтить.

Такимъ образомъ у всѣхъ колесъ и при всякихъ скоростяхъ, часть колеса, касающаяся земли въ дѣйствительности не обладаетъ въ теченіе весьма короткаго промежутка времени никакимъ движеніемъ, такъ что даже и въ томъ случаѣ, когда желѣзнодорожный поѣздъ пробѣгаетъ 1 км. въ минуту, въ каждомъ колесѣ въ любой моментъ есть часть — именно самая низкая, касающаяся въ данный моментъ рельса, — которая, въ сущности, вовсе не движется впередъ.

Теперь возьмите тонкую палочку, длина которой вдвое больше разстоянія AC и наклейте ее на кружокъ въ положеніи DG , т. е. такъ, чтобы половина ея выдавалась надъ краемъ кружка. Затѣмъ приведите кружокъ въ такое же положеніе, что и раньше, т. е. такъ, чтобы точка F приходилась противъ края линейки и чтобы внѣшняя часть FG выступала надъ краемъ. Катите опять кружокъ слегка впередъ и назадъ, наблюдая точку G на внѣшнемъ концѣ палочки. Тогда вы замѣтите, что она постоянно движется въ направленіи противоположномъ сравнительно съ точкой D , такъ что когда D перемѣстится вдоль линейки на 1 мм. вправо, точка G передвинется на 1 мм. влѣво. Точка F при этомъ служитъ центромъ окружности съ діаметромъ DG , и концы этого діаметра движутся въ противоположныхъ направленіяхъ. Нѣкоторая точка H , отстоящая отъ F на разстояніи вдвое меньшемъ, чѣмъ G , подвинется на разстояніе вдвое меньшее, и такъ какъ промежутокъ времени тотъ же, то она подвинется назадъ со скоростью вдвое меньшей той, съ какой точка D подвинется впередъ. Если разстояніе FK составляетъ $\frac{1}{6} FG$, то K подвинется назадъ на $\frac{1}{6}$ того разстоянія, которое D пройдетъ впередъ.

Если EF изображаетъ колесо и D центръ оси, помощью которой оно прикрѣплено къ экипажу, то точка D по необходимости во всякое время будетъ имѣть ту же скорость, что и самъ экипажъ, между тѣмъ какъ точка F неподвижна въ тотъ моментъ, когда колесо касается земли. Въ этотъ самый моментъ нѣкоторая точка K , неподвижно

связанная съ колесомъ, будетъ двигаться въ обратномъ направленіи со скоростью, составляющей $\frac{1}{6}$ той скорости, съ которой экипажъ движется впередъ, независимо отъ величины этой скорости.

Съ такимъ расположеніемъ мы встрѣчаемся въ колесѣ желѣзнодорожнаго вагона. Въ колесѣ есть край OP , который выдается надъ катящейся окружностью MN . Если радиусъ LN имѣетъ въ длину 48 см., а край имѣетъ въ ширину 8 см., то точка P , лежащая на 8 см. ниже поверхности рельса, движется въ этомъ случаѣ со скоростью, составляющей $\frac{1}{6}$ скорости оси, и, слѣдовательно, со скоростью, составляющей также $\frac{1}{6}$ скорости поѣзда — и при томъ въ обратномъ направленіи.

Такимъ образомъ, когда курьерскій поѣздъ движется со скоростью 90 км. въ часъ на западъ по направленію къ Гамбургу, каждое колесо каждаго вагона во всякій моментъ имѣетъ на выступающемъ краѣ окружности часть, которая движется со скоростью 15 км. въ часъ на востокъ по направленію къ Берлину *).

II. Вращательныя движенія.

1. Чудесное колесо, которое вращается безъ видимаго двигателя.

Авторъ имѣлъ однажды надобность прослѣдить въ различныхъ мѣстахъ комнаты восходящіе и нисходящіе воздушные токи. Для этой цѣли онъ придумалъ приспособленіе, которое всякій можетъ легко изготовить у себя дома. Поэтому мы подробно опишемъ, какъ его изготовить.

*) *Прим. ред.* Этого утвержденія отнюдь не слѣдуетъ понимать въ томъ смыслѣ, что указанная точка на краѣ колеса за 1 часъ движенія поѣзда перемѣщается на 15 км. къ востоку. Здѣсь рѣчь идетъ лишь о такъ называемой мгновенной скорости точки колеса, т. е. о скорости ея въ данный моментъ. Когда же колесо сдѣлаетъ половину оборота вокругъ оси, то мгновенная скорость той же точки уже будетъ направлена къ западу.

На листѣ прочной писчей бумаги проведите карандашомъ двѣ взаимно перпендикулярныя прямыя AB и CD (рис. 5). Затѣмъ проведите двѣ другія прямыя EF и GH , которыя дѣлятъ пополамъ образовавшіеся углы. Около точки пересѣченія этихъ прямыхъ, какъ центра, опишите большую окружность $ACBD$ съ діаметромъ въ 6 см. приблизительно, и меньшую окружность съ діаметромъ около

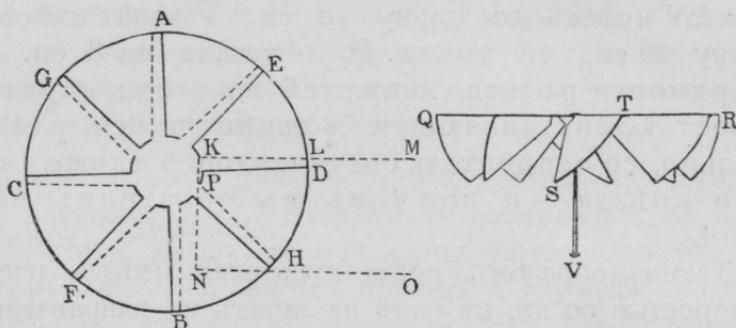


Рис. 5 Изготовленіе чудеснаго колеса.

1 $\frac{1}{2}$ см. Если это дѣлается при помощи циркуля, то нужно стараться, чтобы остріе циркуля не сдѣлало въ центрѣ отверстія. Чтобы избѣгнуть этого, можно положить въ томъ мѣстѣ, гдѣ линіи пересѣкаются и гдѣ помѣщается остріе циркуля, небольшой кусочекъ резины, жести, кожи или картона. Когда окружности проведены, начертите пунктирныя линіи рис. 5 (за исключеніемъ $MKNO$).

Теперь ножницами или ножемъ вырѣжьте большій кругъ. Затѣмъ сдѣлайте разрѣзы вдоль непунктирныхъ линій, проведенныхъ къ центру до малой окружности и отъ внутренняго конца каждаго разрѣза сдѣлайте по меньшей окружности прорѣзъ, который на половину не доходить бы до внутренняго конца ближайшаго разрѣза. На рис. 5 эти прорѣзы также указаны непунктирными линіями. Похожая на треугольникъ часть EKL и остальныя такія же части загибаются по пунктирнымъ линіямъ такимъ образомъ, чтобы онѣ составили со столомъ уголъ въ 45° . Это легче всего выполнить слѣдующимъ образомъ: на узкую полосу, которая не должна быть отогнута ($KPDL$), кладется плоская линейка $MKNO$ своимъ краемъ вдоль пунктирной линіи KL . Плотнo прижимая этотъ край, подсовываютъ подъ часть

EKL кончикъ столоваго ножа, которымъ загибають ее сверху и ребромъ ножа пригибають къ краю линейки, такъ что вдоль линіи *KL* образуется острый сгибъ. Такимъ же образомъ поступаютъ и съ остальными 7-ю частями. Теперь возьмите карандашъ съ закругленнымъ концомъ,—конецъ долженъ быть острый, но не широкій и не плоскій,—прижмите остріе въ центрѣ кружка, положеннаго на столъ, подложивъ подъ него нѣсколько слоевъ мягкой бумаги, напр., газетной бумаги. Если вращать карандашъ между пальцами, то въ центрѣ образуется маленькое конусообразное углубленіе. Нужно стараться, чтобы карандашъ не пробуравилъ въ бумагѣ отверстія. Если перевернуть кружокъ и посмотрѣть на него сбоку, то онъ будетъ имѣть видъ *QR*. Возьмите затѣмъ обыкновенную шпильку и немного притупите остріе, для чего его достаточно потереть о мелко зернистый камень или о другой предметъ съ подобной поверхностью. Нужно стараться, чтобы на остріѣ не образовалось зубринъ. Остріе должно быть гладкое, закругленное и вмѣстѣ съ тѣмъ тонкое. Держите теперь булавку большимъ и указательнымъ пальцами въ положеніи *V* и положите кружокъ углубленіемъ на ея кончикъ. Отогнутые треугольники направлены внизъ.

Этотъ маленькій аппаратъ представляетъ очень чувствительный анемометръ. Вѣсъ его очень незначителенъ, поверхность соприкосновенія между бумагой и остріемъ булавки очень мала, а углубленіе въ бумагѣ, сдѣланное карандашемъ, имѣетъ очень гладкую поверхность. Колеско поэтому будетъ легко вращаться. Самый легкій токъ воздуха, встрѣчающій сверху или снизу косыя крылья, заставляетъ эти косыя поверхности смѣщаться подобно крыльямъ мельницы или косо поставленному парусу лодки и такимъ образомъ приводитъ вертушку въ вращательное движеніе. Если воздухъ стремится вверхъ, то онъ, толкая нижнюю поверхность крыла *ST*, смѣщаетъ его справа налево; между тѣмъ какъ крылья съ противоположной стороны въ этомъ случаѣ гонятся слѣва направо; если же воздухъ идетъ сверху, то онъ, встрѣчая крыло *TS* сверху, смѣщаетъ его вправо, между тѣмъ какъ противоположная сторона кружка гонится влево.

Какъ только кружокъ положенъ на кончикъ булавки, то держа его спокойно можно замѣтить, что онъ вдругъ начинаетъ вращаться, поворачиваясь передней стороной налѣво. Очевидно, что тамъ, гдѣ мы находимся, существуетъ восходящій токъ воздуха, который, вѣроятно, слишкомъ слабъ, и потому не былъ до этого замѣченъ.

Перейдемъ съ нашимъ аппаратомъ въ другую часть комнаты, гдѣ нельзя ожидать никакого воздушнаго тока. Аппаратъ снова начинаетъ вращаться и въ томъ же самомъ направленіи, что и раньше. Очевидно, что и здѣсь существуетъ восходящій токъ воздуха. Если изслѣдовать другія части комнаты, то получимъ тотъ же результатъ.

Если открыть сверху въ комнатѣ окно противъ сильнаго вѣтра и оставить его открытымъ, такъ что воздухъ потечетъ внизъ, то подъ окномъ возникаетъ сильное нисходящее движеніе воздуха, которое тотчасъ приводитъ колесо въ движеніе, направленіе котораго однако противоположно предыдущему.

Если не считаться съ такими особенными и до извѣстной степени насильственными нарушеніями обычнаго состоянія воздуха, то мы въ каждой комнатѣ, въ которой, какъ намъ казалось, воздухъ находится всюду въ спокойномъ состояніи, найдемъ въ любомъ мѣстѣ признаки явнаго восходящаго тока. Похоже, будто воздухъ вездѣ проникаетъ черезъ полъ, поднимается кверху всюду въ комнатѣ и уходитъ черезъ потолокъ.

Ужъ не существуетъ ли тутъ какая-либо другая таинственная сила, поддерживающая вращеніе кружка? Авторъ сдѣлалъ другой экземпляръ изъ тонкаго листа алюминія съ четырьмя большими крылами вмѣсто восьми маленькихъ; каждое крыло имѣло очертаніе птицы съ распростертыми крыльями и растопыреннымъ хвостомъ и соединялось съ центромъ посредствомъ конца внутренняго крыла. Простой наклонъ крыльевъ въ бумажномъ кружкѣ здѣсь былъ замѣненъ искуснымъ расположеніемъ перьевъ и хвостовъ, которое напоминало естественное положеніе птицы во время нѣкоторыхъ летательныхъ движеній. Съ этимъ аппаратомъ явленіе происходило такъ же, какъ и съ бумажной вертушкой. Въ каждой части комнаты, гдѣ воздухъ повиди-

тому былъ спокоенъ, онъ начиналъ медленно вращаться. Всѣ очевидцы этого явленія были необычайно изумлены, не находя для него достаточно удовлетворительнаго объясненія. Нѣкоторые допускали существованіе магнитныхъ силъ или электрическихъ разрядовъ изъ концовъ крыльевъ.

Однако надлежащій ключъ къ отгадкѣ можно найти, если булавку не держать въ рукѣ, а укрѣпить ее какимъ либо инымъ образомъ. Берутъ узкую полоску прочнаго картона или деревянную палочку и укрѣпляютъ булавку близко къ одному концу, воткнувъ ее насквозь до головки; полоску картона укрѣпляютъ такимъ образомъ, чтобы она выступала дальше края стола; это можетъ быть достигнуто тѣмъ, что на другой конецъ кладутъ книгу. Затѣмъ помещаютъ кружокъ на остріѣ булавки и отходятъ нѣсколько въ сторону. Теперь колесо въ спокойной комнатѣ не обнаружитъ никакого движенія; но если держать подъ нимъ руку, то оно начинаетъ вращаться. Такимъ образомъ ясно, что движущая сила беретъ начало въ подставленной рукѣ.

Дѣло въ томъ, что рука обыкновенно теплѣе, чѣмъ окружающій воздухъ. Температура крови глубоко подъ поверхностью тѣла равна почти 37°C ; температура воздуха въ комнатѣ имѣетъ примѣрно 20°C . Но руки постоянно холоднѣе, чѣмъ кровь въ тѣлѣ, такъ какъ онѣ непрерывно отдаютъ тепло, нагрѣвая воздухъ. Теплота расширяетъ тѣла; поэтому и теплота рукъ, находящихся въ соприкосновеніи съ окружающимъ воздухомъ, переходитъ въ послѣдній и способствуетъ его расширенію. Расширившійся воздухъ менѣе плотенъ, и поэтому менѣе тяжелъ. Вслѣдствіе же того, что этимъ нарушается равновѣсіе, онъ вытѣсняется кверху ненагрѣтымъ воздухомъ, подобно тому, какъ горячій легкій воздухъ, расширившійся надъ пламенемъ въ печкѣ, вытѣсняется въ трубу болѣе холоднымъ, болѣе плотнымъ и болѣе тяжелымъ воздухомъ комнаты; такимъ образомъ мы получаемъ восходящій воздушный токъ, идущій отъ рукъ и отъ лица. Онъ настолько слабъ, что обыкновенно ускользаетъ отъ нашего вниманія. Но если значительная часть согрѣвшейся кожи соприкасается съ холоднымъ воздухомъ, то возникшій при этомъ токъ не трудно замѣтить.

Когда лысый господинъ, живущій на довольно значительномъ разстояніи отъ желѣзно-дорожной станціи, въ холодное зимнее утро, разгорячившись послѣ затянувшагося завтрака, спѣшитъ къ станціи и находитъ, что необычайно точный поѣздъ уже отошелъ, такъ что ему приходится ждать слѣдующаго, то онъ нерѣдко при этомъ начинаетъ вытирать потъ. Въ короткій промежутокъ времени, между снятіемъ шляпы и выниманіемъ носового платка, можно замѣтить столбъ паровъ, поднимающихся надъ его головой и сгущающихся благодаря холодному воздуху. Пары съ несомнѣнной очевидностью указываютъ направленіе восходящаго тока, обусловленнаго тѣмъ, что теплота его головы нагрѣваетъ воздухъ и дѣлаетъ его болѣе легкимъ.

Восходящіе токи воздуха, обусловливаемые, какъ указано, какимъ-нибудь мѣстнымъ источникомъ тепла, образуютъ совмѣстно съ нисходящими токами, вызываемыми мѣстнымъ охлажденіемъ, болѣе или менѣе круговыя теченія, которыя играютъ важную роль въ жизни нашей земли.

Прекраснымъ примѣромъ воздушныхъ теченій, обусловливаемыхъ мѣстнымъ охлажденіемъ, служатъ теченія, возникающія у комнатныхъ оконъ. Въ связи съ этимъ заслуживаетъ вниманія и болѣе близкаго ознакомленія нерѣдко рассказываемая исторія, которая обыкновенно приводится какъ плохая шутка надъ однимъ пожилымъ господиномъ.

Въ тѣ времена, когда большія прозрачныя оконныя стекла были еще новостью и рѣдкостью, одинъ такой господинъ, впервые посѣтившій домъ съ подобными стеклами, сидѣлъ вблизи окна съ цѣльнымъ стекломъ безъ малѣйшаго пузырька. Спустя немного, онъ положилъ руки на голову, лишенную волосъ, и сталъ жаловаться на то, — хорошимъ зрѣніемъ онъ не отличался—что онъ простудился изъ-за сквозняка, идущаго изъ открытаго окна. Ему объяснили, что окно собственно закрыто; но такъ какъ онъ вообразилъ себѣ, что окно открыто и что онъ простудился вслѣдствіе сквозного вѣтра, то ему пришлось вынести въ теченіе ближайшихъ двухъ недѣль всѣ непріятныя послѣдствія серьезной простуды. Этотъ рассказъ приводится, какъ удивительный примѣръ силы воображенія, какъ примѣръ

поразительнаго господства духа надъ тѣломъ. Человѣкъ простудился благодаря собственному воображенію!

Нѣтъ, однако, надобности дѣлать такой выводъ. Хотя окно и было закрыто, тѣмъ не менѣе отъ него могъ исходить ощутительный холодный токъ воздуха. Это въ особенности справедливо, если комната была хорошо нагрѣта, а наружный воздухъ былъ холоденъ, такъ какъ наружный воздухъ охлаждалъ стекло, а стекло охлаждало внутренній воздухъ, соприкасавшійся съ нимъ. Охлажденіе вызываетъ сжатіе воздуха; послѣдній становится плотнѣе и тяжелѣе, опускается вслѣдствіе этого внизъ и течетъ къ серединѣ комнаты; въ то же время другія массы воздуха притекають сверху къ окну, чтобы тамъ въ свою очередь охладиться. Такъ возникло круговое воздушное теченіе, одну часть котораго и составлялъ холодный токъ отъ окна; онъ - то и могъ простудить пожилого господина, хотя окно и было закрыто.

Въ большемъ масштабѣ подобныя теченія возникаютъ въ залахъ для собраній, въ которыхъ стѣна съ одной стороны лишена оконъ, а противоположная стѣна имѣетъ рядъ оконъ. Если наружный воздухъ холоденъ, то онъ охлаждаетъ оконныя стекла, а эти въ свою очередь охлаждаютъ внутренній воздухъ. Послѣдній, спускаясь внизъ, движется поперекъ нижней части зала, гдѣ его нагрѣваетъ теплота отъ собравшихся людей или отъ искусственнаго отопленія. На сторонѣ же противоположной окнамъ воздухъ поднимается, чтобы по верху опять пойти къ окнамъ. Если значительная часть потолка сдѣлана изъ стекла или другого тонкаго матеріала, то охлажденіе происходитъ еще сильнѣе. Эффектъ можетъ оказаться настолько значительнымъ, что на хорахъ такихъ большихъ залъ пламя свѣчей вмѣсто вертикальнаго направленія вверхъ принимаетъ горизонтальное направленіе вслѣдствіе воздушной тяги, даже если вблизи нѣтъ ни открытаго окна, ни открытой двери и т. п.

Если принять во вниманіе удивительныя воздушныя теченія, происходящія отъ такихъ незначительныхъ причинъ, и если сравнить съ этимъ необычайную силу солнечной теплоты между тропиками, ограничивающими пространство въ милліоны квадратныхъ километровъ, равно какъ и

огромныя области суроваго холода вокругъ полюсовъ, то у насъ не останется основаній удивляться мощности страшныхъ бурь, которыя представляютъ собой тѣ же воздушныя теченія, но въ большемъ размѣрѣ. Вѣтры, приводящіе въ движеніе суда и вѣтряныя мельницы, во всѣхъ отношеніяхъ напоминаютъ намъ тѣ маленькіе восходящіе токи, которые, поднимаясь отъ нашей руки, вызываютъ вращеніе нашего маленькаго „чудеснаго колеса“.

2. Твердыя тѣла, которыя не подчиняются силѣ тяжести.

Приборъ, которымъ мы намѣрены заняться въ настоящей главѣ, носить названіе гироскопа; его можно приобрести въ магазинахъ учебныхъ пособій; мѣстами онъ также служитъ игрушкой. Но кто умѣетъ обращаться съ пилой, напр., съ лобзикомъ, тотъ самъ безъ труда изготовитъ хорошій приборъ взамѣнъ покупнаго.

Возьмите плоскую доску безъ сучковъ и проведите на ней окружность діаметромъ въ 12—15 см. Пилите тща-

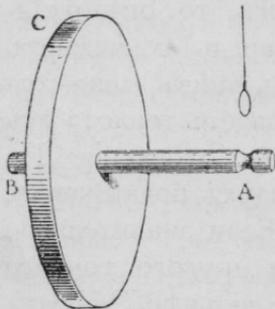


Рис. 6. Гироскопъ собственнаго изготовленія.

тельно по окружности, пробуравьте въ центрѣ отверстіе и укрѣпите въ немъ ось, которая выдавалась бы съ одной стороны на 8—10 см., а съ другой на 5 см. Деревянная ручка для письма послужитъ хорошей осью. Ось должна быть вставлена на сколько возможно перпендикулярно къ колесу и точно въ серединѣ его. На болѣе длинной части ея, близко къ концу сдѣлайте нарѣзку, какъ указано на рисункѣ при точкѣ *A*. Приготовьте далѣе маленькое проволочное колечко какъ разъ такой ширины, чтобы оно могло передвигаться по оси. Передвиньте его до нарѣзки и сожмите его немного такъ, чтобы оно не могло опять соскользнуть. Наконецъ прикрѣпите къ проволочному колечку тонкій шнурокъ (или крѣпкую льняную нитку) почти такой же длины, какъ разстояніе отъ окна верхняго этажа до земли. Теперь приборъ готовъ.

10252

Шнурокъ затѣмъ наматывается на ось; для этой цѣли его сперва наматываютъ пару разъ плотно вокругъ конца оси, чтобы прикрѣпить его; послѣ этого берутъ конецъ B въ правую руку, конецъ A кладутъ на край стола, большимъ и указательнымъ пальцами лѣвой руки придерживаютъ шнурокъ и наматываютъ его на ось, вращая ее правой рукой. Послѣдняя часть шнура должна прійтись близко къ колесу. Теперь высунувшись изъ окна или еще лучше склонившись надъ перилами балкона и держа конецъ шнура въ лѣвой рукѣ, сообщаютъ колесу вертикальное положеніе, придерживая его у точки C , и затѣмъ пускаютъ его, сообщивъ ему предварительно правой рукой сильный толчокъ такимъ образомъ, чтобы шнурокъ сталъ разматываться.

Можно было бы думать, что ось колеса, поддерживаемая шнуркомъ только у одного конца, приметъ во время паденія вертикальное положеніе, (т. е. что конецъ съ привязаннымъ къ нему шнуркомъ направится кверху, а другой конецъ подъ вліяніемъ тяжести колеса—внизъ).

Однако, къ величайшему изумленію тѣхъ, которые еще никогда не наблюдали гироскопа, послѣдній останется въ положеніи, указанномъ на рис. 7. Чѣмъ дальше онъ будетъ падать, тѣмъ быстрѣе онъ будетъ вращаться, пока наконецъ шнурокъ совершенно не разматается. Послѣ этого онъ еще нѣкоторое время будетъ вращаться въ волоочномъ кольцѣ, сохраняя свое положеніе, явно противорѣча хорошо обоснованному закону природы—закону о всеобщемъ тяготѣннн или силѣ тяжести.

Если бы колесо не вращалось и если бы мы попытались держать его ось въ горизонтальномъ положеніи, поддерживая лишь одинъ ея конецъ на шнуркѣ, то такой опытъ не увѣнчался бы успѣхомъ. Какимъ же образомъ вращеніе колеса можетъ сдѣлать возможнымъ то, что кажется невозможнымъ?

Прежде чѣмъ мы перейдемъ къ тому, чтобы разъяснить это не математикамъ, постараемся познакомиться съ нѣкоторыми свойствами гироскопа на покупномъ приборѣ съ нѣсколько болѣе сложнымъ устройствомъ.

Такой гироскопъ изображенъ на рис. 7; A —металлическій кругъ съ утолщеннымъ и вслѣдствіе этого достаточно

тяжелымъ краемъ; *B* — кольцеобразная рама, въ которой укрѣплены заостренные концы оси при помощи винтовъ (*C* и *D*), имѣющихъ углубленія. Шнурокъ, который вдѣвается въ отверстіе, продѣланное въ оси, близко къ одному

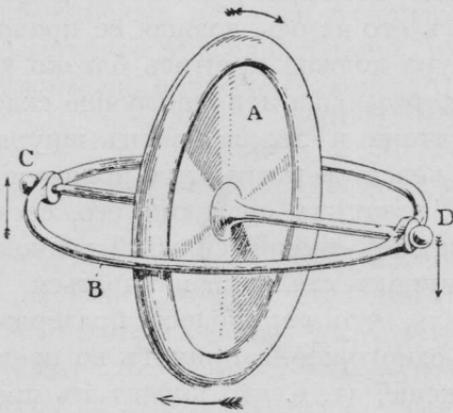


Рис. 7. Покупной гироскопъ.

концу ея, наматывается вокругъ оси. Если отдернуть шнурокъ, то колесо можетъ быть приведено въ очень быстрое вращательное движеніе.

Свободно держите гироскопъ въ то время, какъ онъ быстро вращается вокругъ горизонтальной оси, за головки винтовъ *C* и *D*; попробуйте наклонить приборъ такимъ образомъ, чтобы головка *C* поднялась

вверхъ, а головка *D* опустилась внизъ. Вращающееся колесо окажетъ этому повороту сильное сопротивленіе, и весьма вѣроятно, что оно выскользнетъ изъ руки того, кто дѣлаетъ опытъ впервые. Оно ведетъ себя почти какъ живое существо, и проявляетъ какъ бы умышленное упрямство. Его можно легко поднимать и опускать, такъ какъ его вѣсъ остается неизмѣннымъ; точно также его можно заставить двигаться въ сторону, впередъ и назадъ, подобно всякому другому тѣлу, съ тѣмъ, однако, чтобы его плоскость вращенія и ось вращенія сохраняли одно и то же направленіе; но всякой попыткѣ наклонить его ось вращенія оно оказываетъ сопротивленіе. Чѣмъ гироскопъ больше и тяжелѣе и чѣмъ онъ быстрѣе движется, тѣмъ сильнѣе сопротивленіе, которое онъ оказываетъ.

Если во вращающемся гироскопѣ плоскость колеса вертикальна, а ось горизонтальна, то можно, какъ мы видѣли, укрѣпить одинъ конецъ оси, либо, какъ въ нашемъ первоначальномъ простомъ опытѣ, при помощи шнурка, либо, въ случаѣ болѣе совершеннаго прибора, подпереть на колонкѣ, имѣющей на своемъ верхнемъ концѣ чашеоб-

разное углубленіе. Когда гироскопъ находится въ этомъ положеніи, то сила тяжести стремится опрокинуть его внизъ. Въ этомъ случаѣ это могло бы произойти оттого лишь, что неподпертый конецъ наклонится книзу, такъ что одна поверхность повернется косо вверхъ, а другая — косо внизъ.

Какъ мы видѣли, быстрое вращеніе колеса оказываетъ значительное сопротивленіе этому притяженію книзу, такъ что ожидаемое наклоненіе оси не имѣетъ мѣста. Какъ это объяснить?

Прежде чѣмъ отвѣтить на этотъ вопросъ, намъ слѣдуетъ установить, что положеніе оси все же не остается абсолютно неизмѣннымъ. При очень быстромъ вращеніи мы, дѣйствительно, не замѣчаемъ никакого наклоненія оси; но по мѣрѣ того, какъ скорость вращенія уменьшается, наклоненіе становится замѣтнѣе. Такимъ образомъ мы, строго говоря, наблюдали лишь стремленіе оси оставаться въ первоначальномъ направленіи, т. е. въ горизонтальномъ.

Существуетъ всеобщій законъ природы, изъ котораго мы до сихъ поръ не знаемъ исключеній; согласно этому закону, всякое тѣло стремится сохранить то состояніе, въ которомъ оно находится. Этотъ законъ называется закономъ инерціи. Такимъ образомъ и движущееся тѣло стремится продолжать двигаться съ той же скоростью и по тому же направленію. Сила, съ которой тѣло оказываетъ сопротивленіе возможнымъ препятствіямъ, увеличивается вмѣстѣ съ его вѣсомъ и скоростью движенія.

Напримѣръ, при вращательномъ движеніи тѣла, каждая частица окружности въ любой моментъ стремится двигаться по прямой линіи, перпендикулярной къ радіусу ея круговаго пути, т. е. по направленію касательной къ окружности. Мы видимъ это на примѣрѣ камня въ пращѣ: послѣ того, какъ въ теченіе нѣкотораго времени вращали камень по окружности, онъ, вылетая изъ праща, движется не по круговому пути, а продолжаетъ движеніе въ томъ направленіи, которое онъ имѣлъ въ моментъ оставленія праща, такъ что онъ дальше несется по прямой линіи, въ направленіи касательной. То же самое мы наблюдаемъ на

экипажныхъ колесахъ, облѣпленныхъ грязью во время быстрого вращенія. Брызги грязи, отбрасываемыя колесомъ, движутся подобно камню, выброшенному пращомъ, и ясно указываютъ, каково было ихъ направленіе въ тотъ моментъ, когда онѣ отскочили отъ колеса. Этой такъ называемой

„инерціей“ тѣмъ объясняется также стремленіе нашего гироскопа сохранить свое однажды принятое положеніе. Разсмотримъ явленіе нѣсколько внимательнѣе.

Пусть (рис. 8) ABC представляетъ разсматриваемый сбоку гироскопъ, который вращается такимъ образомъ, что задняя часть колеса движется вверхъ, а передняя внизъ. Наивысшая точка A идетъ слѣдовательно впередъ, самая низкая точка C въ обратную сторону. Частицы задней части края, расположенныя на одной высотѣ съ осью, стремятся такимъ образомъ двигаться вертикально вверхъ по направленію BM . Разсмотримъ это болѣе подробно.

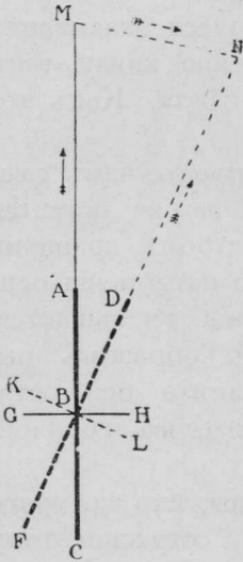


Рис. 8. Почему гироскопъ сопротивляется измѣненію наклона своей оси?

Наклоняемъ гироскопъ такъ, что онъ располагается въ плоскости DBF , а его ось принимаетъ направленіе KL . Вышеупомянутыя частицы будутъ въ этомъ случаѣ стремиться оторваться по направленію BN ; допустимъ, что край колеса движется со скоростью 50 м. въ секунду. Если бы колесо внезапно распалось на мелкія частицы, то тѣ изъ нихъ, которая прежде двигались бы по направленію BM со скоростью 50 м. въ секунду, будутъ теперь послѣ наклоненія гироскопа двигаться съ тою же скоростью по направленію BN . Если BM представляетъ растояніе въ 50 м., а MN равно, скажемъ, 20 м., то результатъ будетъ тотъ же, какъ если бы частицы въ теченіе одной и той же секунды двигались 50 м. въ направленіи BM и затѣмъ 20 м. въ направленіи MN . Такимъ образомъ, чтобы произвести указанный на чертежѣ наклонъ колеса относительно первоначальнаго положенія, необходима сила, которая была бы въ состояніи передвинуть раз-

сма­три­вае­мая ча­сти на 20 м. въ се­кун­ду. Дру­ги­ми сло­ва­ми—необ­хо­ди­ма весь­ма зна­чи­тель­ная ча­сть пер­во­на­чаль­ной си­лы, обу­слов­ли­вае­щей вра­ще­ние ко­ле­са, что­бы вы­звать же­лае­мое от­кло­не­ние отъ пер­во­на­чаль­на­го по­ло­же­ния. Каж­дый мо­жетъ на дру­гихъ примѣ­рахъ убѣ­диться въ томъ, что ча­сто тре­бу­ет­ся зна­чи­тель­ная си­ла, что­бы из­мѣ­нить на­прав­ле­ние дви­же­ния тѣ­ла. Если бы мы, же­лая из­мѣ­нить на­прав­ле­ние пу­ля, вы­летѣв­шихъ изъ ру­жей­на­го ст­во­ла, по­ста­ви­ли на­клон­но къ на­прав­ле­нію ихъ дви­же­нія щитъ, то намъ, какъ лег­ко по­нять, необ­хо­ди­мо бы­ло бы про­из­во­дить си­ль­ное да­вле­ние на щитъ. Послѣ то­го какъ ги­ро­скопъ при­шелъ въ вра­ща­тель­ное дви­же­ние, каж­дая ча­сти­ца его края дви­жет­ся по­доб­но пу­лѣ, вы­летѣв­шей изъ ст­во­ла ру­жья. Из­мѣ­нить плос­кость вра­ще­ния ко­ле­са въ это­мъ слу­чаѣ все рав­но, что из­мѣ­нить дви­же­ние эти­хъ ча­сти­цъ.

Бы­ло уже упо­мя­ну­то, что ги­ро­скопъ, ко­гда его дер­жать за го­лов­ки вин­товъ и пы­та­ют­ся на­клон­ить, то онъ не толь­ко ока­зы­вае­тъ со­про­тив­ле­ние этой по­пыт­кѣ, но, по­ви­ди­мо­му, да­же на­чи­нае­тъ вра­щать­ся и по­во­ра­чи­вать­ся, какъ бы же­лая ос­во­бо­ди­т­ся изъ рукъ экс­пе­ри­мен­та­то­ра. Далѣе, при вы­ше­о­пи­сан­номъ опы­тѣ съ бросаніемъ са­мо­дѣ­ль­на­го при­бо­ра изъ вы­со­ко рас­по­ло­жен­на­го ок­на, мож­но не­со­мнѣн­но замѣ­тить, что на ря­ду съ вра­ще­ніемъ въ вер­ти­каль­ной плос­ко­сти, вы­зван­нымъ раз­ма­ты­ва­ніемъ ш­ну­рка, имѣе­тъ мѣ­сто вра­ще­ние всей оси въ го­ри­зон­таль­ной плос­ко­сти во­кругъ под­вѣ­шен­на­го кон­ца. Вна­чалѣ на­блю­да­тель бу­детъ раз­сма­три­вать так­же и это дви­же­ние, какъ ре­зуль­татъ раз­ма­ты­ва­нія ш­ну­рка; но дал­ше об­на­ру­жи­вае­тъ­ся, что если на­мотать ш­ну­рокъ въ про­ти­во­по­лож­номъ на­прав­ле­нии, такъ что вра­ще­ние ко­ле­са бу­детъ про­ис­хо­дить въ на­прав­ле­нии про­ти­во­по­лож­номъ пер­во­му, то и ось бу­детъ вра­щать­ся въ дру­гую сто­ро­ну. При бол­ѣе точ­номъ на­блю­де­нии ока­зы­вае­тъ­ся, что вра­ще­ние оси по­сто­ян­но про­ис­хо­дитъ въ томъ са­момъ на­прав­ле­нии, по ка­ко­му дви­жут­ся ниж­нія ча­сти ко­ле­са. По­доб­ное же на­блю­де­ние мож­но сдѣ­лать и на по­куп­номъ при­бо­рѣ (рис. 7).

Какъ про­ис­хо­дитъ это уди­ви­тель­ное дви­же­ние? Ри­су­нокъ 9 по­мо­жетъ намъ разъ­яс­нить это. Пусть *AB* изоб­ра­жае­тъ ги­ро­скопъ, раз­сма­три­вае­мый сбо­ку, пусть его дви­

женіе будетъ такимъ же, какъ на рисункѣ 8, т. е. частица, находящаяся у точки *A*, движется по направленію къ смотрящему на рисунокъ, головка *C* покоится въ вышеупомянутомъ углубленіи подпорки, имѣющей видъ колонки. Теперь нагните опять другую головку *D* внизъ до точки *E* такъ, чтобы *A* перемѣстилось по дугѣ *G* до *F*, а колесо заняло бы положеніе, указанное пунктирной линіей. Такой результатъ получился бы, если бы колесо первоначально было въ покоѣ, но въ движущемся колесѣ частица, находящаяся у точки *A*, перемѣщается впередъ и внизъ по направленію стрѣлки *AH*; она не можетъ просто измѣнить это движеніе на движеніе по направленію къ *G*. Наоборотъ, результатъ будетъ таковъ, что она избересть средній путь приблизительно по направленію пунктирной линіи.

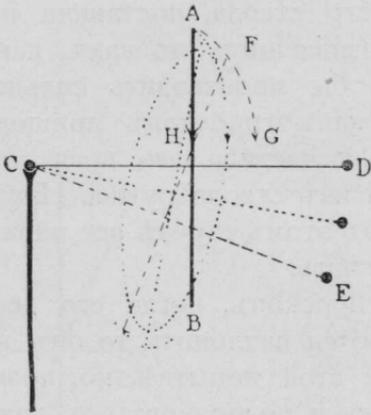


Рис. 9. Вторичное движеніе гироскопа.

Двигаясь такимъ образомъ, колесо уклоняется вправо отъ первоначальнаго движенія по направленію книзу. Это можетъ такъ произойти въ томъ случаѣ, если передній край перемѣщается вправо, или — другими словами — если правый конецъ оси движется назадъ. Такимъ образомъ отъ толчка, произведеннаго на свободный конецъ оси, возникаетъ вращеніе оси вокругъ подпертаго конца. Но такъ какъ гироскопъ постоянно находится подъ вліяніемъ силы тяжести, которая тянетъ внизъ свободный конецъ оси, то станетъ понятно, почему во всякомъ гироскопѣ должно всегда происходить и это движеніе.

Изъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія рисунка 9 выясняется, почему ось вращается въ противоположномъ направленіи при вращеніи колеса въ обратную сторону. Точно также ясно, что направленіе вращенія оси можетъ быть измѣнено въ противоположную сторону также тѣмъ, что подпираютъ другой конецъ оси во время вращенія колеса. Направленіе

движенія точки B указываетъ въ этомъ случаѣ противоположный путь вокругъ новой точки опоры.

Слѣдуетъ еще здѣсь упомянуть объ одномъ замѣчательномъ явленіи, имѣющемъ мѣсто при движеніи оси. Именно, — если мы толкнемъ впередъ при помощи перпендикулярно направленнаго карандаша свободный конецъ оси гироскопа, подпертаго съ одного конца такъ, чтобы онъ началъ двигаться скорѣе, чѣмъ до тѣхъ поръ, то движущійся конецъ поднимется. Если же мы попытаемся задержать его, то конецъ опустится. И въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло со сложениемъ результатовъ двухъ движеній, сообщаемыхъ каждой точкѣ колеса. Ускоряя результирующее движеніе, мы получаемъ такой результатъ, какъ будто мы уменьшаемъ силу тяжести: замедляя же движеніе, мы тѣмъ какъ бы увеличиваемъ силу тяжести.

Теперь выясняется, почему волчокъ постоянно принимаетъ вертикальное положеніе. Когда онъ нѣсколько наклоняется въ сторону, то сила тяжести притягиваетъ свободный, т. е. верхній конецъ и приводитъ къ тому, что этотъ конецъ, а, слѣдовательно, и волчокъ начинаютъ вращаться вокругъ точки опоры. Но въ то время, когда конецъ трется о полъ и движется впередъ по дугѣ, онъ тѣмъ самымъ ускоряетъ вращательное движеніе второго конца оси. Какъ мы выше видѣли, ускореніе вращенія имѣетъ своимъ результатомъ поднятіе свободного (верхняго) конца оси. Вслѣдствіе этого пока вращеніе волчка достаточно быстро, онъ постоянно стремится снова занять вертикальное положеніе.

III. Движеніе при катаніи и при полетѣ.

1. Разумные бильярдные шары.

Расположимъ три бильярдныхъ шара A , B , C (рис. 10) на одной линіи вдоль борта бильярда такимъ образомъ, чтобы они касались другъ друга, и на продолженіи этой линіи, приблизительно на разстояніи 15 см. отъ C помѣстимъ еще одинъ шаръ D .

Теперь сообщимъ шару D легкой толчокъ по направлению къ C , подвинувъ этотъ шаръ впередъ до положенія E и предоставивъ его затѣмъ самому себѣ. По прекращеніи всѣхъ движеній шары будутъ имѣть положеніе, представленное на рисункѣ 11 a, b, c, d . Шаръ D пришелъ въ спокойное состояніе, занявъ приблизительно то положеніе (d) въ которомъ онъ находился, когда онъ толкнулъ

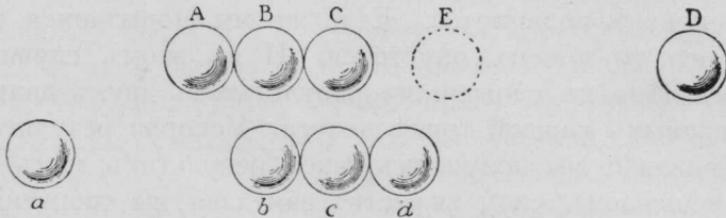


Рис. 10. Передача движенія.

остальные шары. Шары B и C , повидимому, остались на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ они были, но шаръ A откатился по направленію первоначальнаго движенія шара D до точки a . Повидимому, шаръ A началъ движеніе какъ разъ въ тотъ самый моментъ, когда D толкнулъ шаръ C и остановился. Дальше кажется, что шаръ A началъ двигаться съ такой скоростью, съ какой шаръ D кончилъ движеніе, такъ что A (преодолевая треніе) перемѣщается на такое разстояніе, на какое покатился бы шаръ D , если бы его движеніе не было пріостановлено другими шарами.

Чѣмъ объяснить, что въ движеніе приходитъ только шаръ A ? Чѣмъ далѣе объяснить, что, какъ бы ни измѣнять скорость шара D или число шаровъ въ покоящемся ряду, шаръ A „знаетъ“ точно, съ какой скоростью начать движеніе и гдѣ именно остановиться?

Примемъ пока безъ объясненія тотъ фактъ, что шаръ D въ положеніи d внезапно приходитъ въ спокойное состояніе. Въ такомъ случаѣ ясно, что вмѣсто этого внезапно прекратившагося движенія должно наступить движеніе другого шара, такъ какъ мы здѣсь имѣемъ дѣло съ подвижными тѣлами. Мы и видимъ дѣйствительно, что когда шаръ D теряетъ всю свою „энергію движенія“, шаръ A прихо-

дить въ движеніе. Но такъ какъ это невозможно безъ содѣйствія шаровъ *B* и *C*, то возникаетъ вопросъ: чѣмъ объяснить, что шары *B* и *C* не участвуютъ въ движеніи? Почему энергія движенія не распредѣляется равномерно между *A*, *B*, *C* и *D* такимъ образомъ, чтобы всѣ четыре шара двигались дальше, конечно медленно и не такъ далеко, какъ въ томъ случаѣ, когда вся энергія передается только шару *A*?

Однако то, съ чѣмъ мы теперь познакомились, не является еще самымъ поразительнымъ. Допустимъ, что рѣчь идетъ о 4, 5, 6 или 7 покоящихся шарахъ, и вмѣсто одного толкающаго шара покатымъ къ спокойно лежащимъ шарамъ сразу 2 или 3 шара, которые находятся въ одномъ ряду и касаются другъ друга. Тогда покоившіеся шары, получившіе толчокъ проявятъ еще болѣе высокую степень „разумности“. Кажется, будто они постоянно знаютъ, сколькими шарами произведенъ толчокъ, и поэтому сами всегда приведутъ въ движеніе точно такое же количество шаровъ изъ своего ряда.

Когда толчокъ производится двумя или тремя шарами, то при той же скорости, какъ и въ первомъ опытѣ, энергія толчка будетъ соотвѣтственно вдвое или втрое больше¹⁾. Мы поэтому не должны были бы удивляться, если бы на всѣхъ шарахъ ряда обнаружилось дѣйствіе, произведенное этой двойной или тройной энергіей. Или, допустивъ случай, что какимъ-то образомъ вся энергія должна быть сообщена одному только шару, именно послѣднему въ ряду, мы не должны были бы удивляться, если бы этотъ шаръ началъ двигаться впередъ съ скоростью, вдвое или втрое болѣе, чѣмъ въ первомъ случаѣ.

Но то обстоятельство, что средніе шары какъ будто въ состояніи дать знать шарамъ, стоящимъ въ концѣ ряда о томъ, что толчокъ произведенъ лишь однимъ шаромъ, и

¹⁾ Мы можемъ себѣ это уяснить, если представимъ себѣ, что 3 большихъ шара, вса которыхъ относятся какъ 1:2:3, катятся на насъ одинъ за другимъ съ одинаковой скоростью, и что мы должны ихъ остановить. Въ этомъ случаѣ мы должны были бы оказать 2-му и 3-му шарамъ соотвѣтственно въ два и три раза большее сопротивленіе, чѣмъ первому. Это указываетъ на то, что энергія движенія шаровъ также относится какъ 1:2:3, т. е., какъ ихъ массы.

что только одинъ шаръ долженъ притти въ движеніе, или что два шара должны покатиться, когда толчокъ произведенъ двумя шарами, — это, дѣйствительно, кажется загадкой.

Чтобы объяснить это явленіе, намъ слѣдуетъ сперва вспомнить о томъ, что энергія тѣлъ, находящихся въ движеніи, зависитъ отъ ихъ массы и скорости*), и такимъ именно образомъ, что энергія увеличивается въ два или въ три раза, когда массы или скорости увеличиваются вдвое или втрое. Но въ нашемъ случаѣ мы принимаемъ, что измѣняется только число, т. е. масса ударяющихъ шаровъ, которые равны между собой. Рука же, производящая ударъ, по предположенію движется постоянно съ одной и той же скоростью. То же относится къ шарамъ, производящимъ ударъ.

Для объясненія нашей загадки, мы далѣе должны принять во вниманіе тотъ фактъ, что шары изъ слоновой кости упруги, т. е. что подъ дѣйствіемъ давленія или удара они мѣняются свою форму (сплющиваются), но тотчасъ же обнаруживаютъ стремленіе снова принять первоначальную форму шара. На этомъ вообще основано употребленіе этихъ шаровъ.

Когда такой шаръ произведетъ ударъ на рядъ другихъ шаровъ, то послѣдствіемъ удара будетъ ихъ сжатіе. Первый шаръ, получившій ударъ, расширяясь, оказываетъ дѣйствіе на второй шаръ въ ряду, этотъ на третій и т. д. Съ момента удара по ряду шаровъ проходитъ какъ бы волна сжатія или уплотненія. Скорость, съ которой движется эта волна, будетъ зависѣть отъ скорости ударяющаго шара, превращающейся въ волну сжатія; но отъ величины ударяющей массы, т. е. отъ числа шаровъ, скорость распространенія волнъ не зависитъ.

Какъ выразится результатъ въ концѣ ряда? Всѣ предшествующіе шары были почти лишены возможности двинуться со своего мѣста изъ-за слѣдующихъ шаровъ, и, такимъ образомъ, энергія движенія ударяющей массы почти

*) *Прим. ред.* Подъ „энергіей движенія“ авторъ, очевидно, подразумѣваетъ т. н. „количество движенія“, т. е. произведеніе изъ массы m на скорость v .

цѣликомъ перешла въ энергію волнъ сжатія. Иначе дѣло обстоитъ съ послѣднимъ шаромъ. Послѣ того какъ онъ сплюснулся отъ давленія со стороны предшествующихъ шаровъ, и затѣмъ снова расширился, онъ уже не встрѣчаетъ сопротивленія (треніе не принимается во вниманіе). Энергія волнъ можетъ такимъ образомъ снова перейти въ энергію движенія, и послѣдній шаръ или нѣсколько послѣднихъ шаровъ придутъ въ движеніе со скоростью, соотвѣтствующей скорости волнообразнаго движенія внутри предшествующихъ шаровъ и равной скорости ударающей массы.

Въ то время, какъ скорость волнообразнаго распространія сжатія зависитъ отъ скорости ударающей массы, величина сжатія, испытываемаго отдѣльными шарами, измѣняется въ зависимости отъ величины ударающихъ массъ, т. е. отъ числа ударающихъ шаровъ. Но въ концѣ концовъ энергія волнъ сжатія снова превращается въ движеніе, и, какъ мы видѣли, въ движеніе съ тою же скоростью, съ какою двигались ударающіе шары. Если мы допустимъ, что никакая часть первоначальной энергіи движенія не теряется во время передачи ея отъ шара къ шару въ видѣ энергіи волнообразнаго движенія, и что она цѣликомъ превращается опять въ энергію движенія, то отсюда вытекаетъ, что и масса шаровъ, принимающихъ послѣдними энергію, должна быть равна массѣ ударающихъ шаровъ. Если шары одинаковой величины, то число ударающихъ шаровъ должно быть равно числу шаровъ, приведенныхъ въ движеніе.

Передача энергіи послѣднимъ шарамъ можно еще болѣе точно представить себѣ слѣдующимъ образомъ. Допустимъ, что число ударающихъ шаровъ равно 2. Такъ какъ послѣдній шаръ ряда приходитъ въ движеніе съ тою же скоростью, какою имѣютъ оба ударающихъ шара, то онъ получаетъ половину той энергіи, которая перешла отъ обоихъ шаровъ, произведшихъ ударъ, когда они пришли въ покой. Отсюда заключаемъ, что предпослѣдній шаръ, отталкивая послѣдній, отдаетъ ему лишь половину энергіи, переданной ему промежуточными (покоющимися) шарами.

Такъ какъ въ немъ осталась другая половина энергіи, то благодаря ей онъ приходитъ самъ въ движеніе съ той же скоростью. Вслѣдствіе же того, что передъ нимъ нѣтъ

препятствія въ видѣ неподвижнаго шара, онъ и движется за послѣднимъ шаромъ. Но третій шаръ отъ конца долженъ остаться въ покоѣ, такъ какъ онъ отдалъ всю полученную имъ энергію въ тотъ моментъ, когда два послѣднихъ шара пришли въ движеніе со скоростью ударяющихъ шаровъ. Подобное же объясненіе можно дать и для того случая, когда число ударяющихъ шаровъ больше, чѣмъ два.

2. Бросаніе шаровъ за уголъ.

Съ этимъ занятіемъ мы всѣ несомнѣнно знакомы въ томъ случаѣ, если „уголъ“ прямой; всякій мальчикъ знаетъ, что если желательно попасть въ полицейскаго снѣжкомъ какъ разъ въ область нижней пуговицы мундира — съ такого, конечно, разстоянія, которое позволяло бы произвести этотъ экспериментъ безопасно — то слѣдуетъ цѣлиться гораздо выше, примѣрно въ остріе каски. Причина этого лежитъ въ неизбѣжномъ паденіи подѣ дѣйствіемъ силы тяжести, каковое движеніе совершаетъ всякій брошенный предметъ во время полета. Ружья и пушки также должны быть направлены въ точку, расположенную гораздо выше той, въ которую желаютъ попасть. Такъ, напримѣръ, пуля, вылетѣвшая изъ ружья, помѣщеннаго въ точкѣ *A* (рис. 11),

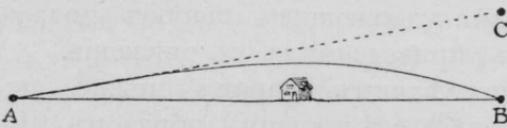


Рис. 11. Отклоненіе пули отъ направленія ея первоначальнаго движенія.

можетъ попасть въ человека, который находится въ *B*, и котораго изъ точки *A* нельзя увидѣть, при чемъ она пролетитъ надъ крышей дома, лежа-

щего между этими точками. Выстрѣлъ былъ произведенъ по направленію пунктирной линіи *AC*. А такъ какъ она фактически достигла точки *B*, то можно сказать, что она летѣла внизъ „подъ угломъ“ къ горизонту. Причина этого отклоненія отъ первоначальнаго направленія лежитъ въ томъ, что существуетъ сила, заставляющая снарядъ опускаться внизъ, именно сила тяжести, величину которой мы можемъ измѣрить по вѣсу снаряда.

Если бы сила тяжести могла дѣйствовать горизонтально, то она могла бы заставить снарядъ отклониться „на уголъ“ въ сторону, понимая это въ томъ смыслѣ, въ какомъ мы обыкновенно употребляемъ выраженіе „за уголъ“. Сила тяжести, правда, не можетъ такъ дѣйствовать, но зато существуютъ другія силы, которыя въ состояніи оказывать такое дѣйствіе. Вѣтеръ, напримѣръ, когда онъ дуетъ перпендикулярно къ направленію полета снаряда, заставляетъ пулю уклониться отъ ея первоначальнаго направленія. Дѣйствіе бываетъ часто настолько значительно, что при прицѣлѣ приходится съ этимъ сообразоваться.

Однако это силы непрерывныя, дѣйствующія извнѣ. Можетъ ли также существовать какая-нибудь мгновенная сила, дѣйствующая на пулю или на шаръ и сообщающая снаряду стремленіе уклониться отъ первоначальнаго направленія? Это въ дѣйствительности имѣетъ мѣсто и осуществляется, напримѣръ, въ играхъ въ крикетъ, лаунъ-теннисъ и базе-балль.

На рис. 12-мъ *A* и *E* представляютъ шары, движущіеся по направленію большой стрѣлки, т. е. слѣво направо. Шары изображены такъ, какъ они представляются, когда мы ихъ разсматриваемъ сверху, т. е. плоскость бумаги должна лежить горизонтально. Сообщимъ шару *A* въ моментъ бросанія вращательное движеніе вокругъ вертикальной оси, какъ это указано маленькими кривыми стрѣлками. Тогда передняя поверхность шара, обращенная къ *D*, передвинется по направленію стрѣлки *B* и вмѣстѣ съ тѣмъ она стремится перемѣститься въ томъ же направленіи воздухъ, находящійся передъ шаромъ. Но чѣмъ объясняется, что шаръ смѣщается въ противоположномъ направленіи? Это можетъ быть объяснено на основаніи закона „равенства и противоположности направленій дѣйствія и противо-дѣйствія“.

Что подразумѣвается подъ этимъ, можетъ быть выяснено слѣдующими примѣрами. Находясь въ лодкѣ и толкая человѣка, стоящаго на пристани, мы этимъ вызываемъ не только движеніе человѣка отъ лодки, но и движеніе собственнаго тѣла (а вмѣстѣ съ тѣмъ и лодки) отъ пристани. То же самое имѣетъ мѣсто, когда, сидя на качеляхъ, мы

толкаемъ кого-нибудь; этимъ приводится въ движеніе не только человекъ, котораго мы толкнули, но и мы сами начинаемъ двигаться и при томъ въ противоположномъ направленіи. Равнымъ образомъ и гребля можетъ служить примѣромъ, такъ какъ лодка движется

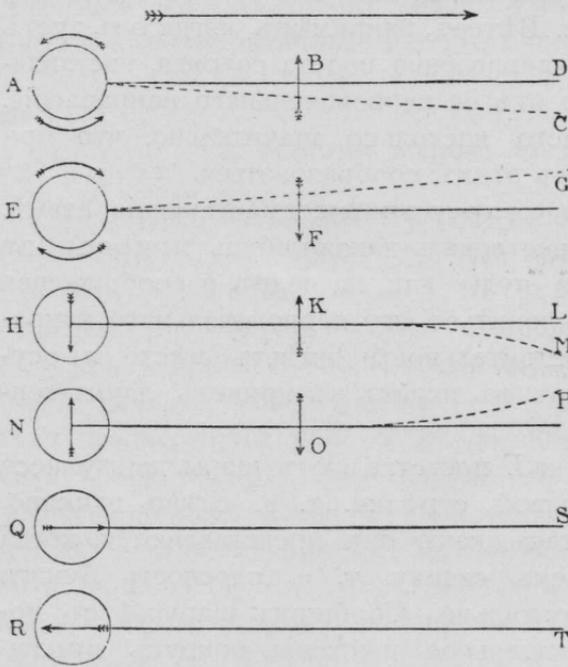


Рис. 12. Отклоненіе направленія движенія шаровъ.

въ направленіи противоположномъ тому, въ которомъ весло стремится сдвинуть воду.

То же самое будетъ имѣть мѣсто, когда передняя поверхность шара двигаетъ воздухъ по направленію стрѣлки *B*; въ этомъ случаѣ шаръ въ свою очередь испытываетъ смѣщеніе въ противоположномъ направленіи, вслѣдствіе чего онъ будетъ двигаться по пунктирной линіи въ *C* вмѣсто того, чтобы летѣть прямо въ *D*.

Если бы шаръ вращался на одномъ мѣстѣ, то перемѣщеніе воздуха передней поверхностью, о которую онъ испытываетъ треніе, нашло бы противовѣсъ въ противоположномъ смѣщеніи тѣхъ массъ воздуха, которыя приводятся въ движеніе треніемъ о заднюю поверхность шара. Иначе обстоитъ дѣло въ данномъ случаѣ. Шаръ катится отъ *A* къ *D*. При этомъ онъ сжимаетъ воздухъ, находящійся впереди, позади же его образуется пространство съ разрѣженнымъ воздухомъ. Вслѣдствіе этого сопротивленіе, испытываемое передней поверхностью во время тренія о воздухъ, больше, чѣмъ давленіе воздуха на заднюю поверхность. Въ этомъ заключается причина, вслѣдствіе которой мы въ на-

шемъ разсужденіи ради упрощенія опускаемъ давленіе на заднюю поверхность.

Когда мы сообщаемъ шару вращеніе въ противоположномъ направленіи (какъ въ E), то передняя поверхность его движется по направленію стрѣлки F и гонитъ воздухъ въ сторону въ указанномъ направленіи. Вслѣдствіе этого шаръ оттѣсняется въ противоположномъ направленіи и летитъ по пунктирной линіи въ G .

Сообщимъ теперь шару въ тотъ моментъ, когда его бросаютъ въ горизонтальномъ направленіи, вращеніе вокругъ горизонтальной оси такимъ именно образомъ, чтобы эта ось совпадала съ тѣмъ направленіемъ, въ которомъ шаръ брошенъ. Стрѣлка H указываетъ направленіе, по которому передвигается верхняя сторона шара; стрѣлка K указываетъ соотвѣтствующее направленіе для нижней поверхности.

Вначалѣ это вращеніе не отклонитъ шара отъ его движенія по направленію HL . Дѣйствительно, такъ какъ воздухъ надъ шаромъ и подъ нимъ имѣетъ тѣ же свойства, то первое время сопротивленія отъ тренія его о верхнюю и нижнюю поверхности взаимно уничтожаются. Но послѣ того какъ шаръ прошелъ значительное разстояніе и обнаружилъ уже замѣтное движеніе книзу, его нижняя поверхность сгущаетъ воздухъ, между тѣмъ какъ верхняя поверхность производитъ разрѣженіе его. Теперь наступаетъ такое же положеніе, какъ и въ нашемъ первомъ опытѣ. Въ то время какъ шаръ смѣщается въ сторону по направленію къ K сгущенный воздухъ, трущійся о его нижнюю поверхность, онъ самъ испытываетъ сопротивленіе, вызывающее отклоненіе его въ направленіи M . Такимъ же образомъ вращеніе въ противоположномъ направленіи (N) вызываетъ отклоненіе шара въ направленіи P .

Въ первомъ изъ разсмотрѣнныхъ главныхъ случаевъ ось вращенія шара имѣла вертикальное положеніе, а во второмъ случаѣ лежала горизонтально и совпадала съ горизонтальнымъ направленіемъ движенія шара; но можно представить себѣ еще и третій случай: именно, когда горизонтальная ось вращенія перпендикулярна къ направленію движенія шара. Въ этомъ случаѣ плоскость вращенія лежитъ вертикально и имѣетъ то же направленіе, какъ и брошенный шаръ.

Въ рис. 12 Q показываетъ, какъ верхняя поверхность шара перемѣщается вслѣдствіе вращенія его въ направленіи стрѣлки. Въ R вращеніе шара имѣетъ противоположное направленіе. Шаръ Q движется въ S , шаръ R въ F . Теперь ясно, что въ первомъ случаѣ (Q) передняя поверхность шара передвигается сверху внизъ и перемѣщаетъ находящійся передъ нимъ сгущенный воздухъ внизъ. „Противодѣйствіе“ стремится, слѣдовательно, смѣстить шаръ кверху, другими словами, оно препятствуетъ ему падать съ тою скоростью, съ какою онъ падалъ бы, если бы не вращался. Или иначе: дальность полета шара увеличивается. Во второмъ случаѣ (R) имѣетъ мѣсто обратное: передняя поверхность перемѣщаетъ воздухъ вверхъ, вслѣдствіе противодѣйствія шаръ отталкивается книзу, такъ что онъ падаетъ быстрѣе, чѣмъ подъ дѣйствіемъ одной только силы тяжести.

Въ различныхъ играхъ съ шарами вращенія играютъ очень важную роль; они являются причиной того, что играющій ошибается въ предполагаемомъ движеніи шара; обыкновенно дѣйствіе усложняется тѣмъ, что два описанныхъ вращенія происходятъ одновременно. Въ играхъ крикетъ и теннисъ это еще усиливается оттого, что вращеніе оказываетъ вліяніе на направленіе шара въ моментъ отскакиванія.

Эта глава относится однако лишь къ отклоненію, вызываемому вращеніемъ шара во время полета въ воздухѣ. Это дѣйствіе вращенія играетъ значительную роль въ игрѣ базе-балль, въ которой тотъ, кто ударяетъ шаръ, долженъ поймать его во время его первоначальнаго полета, т. е. прежде чѣмъ шаръ коснется земли. Нѣкоторые особенно искусные игроки умѣютъ извлечь пользу изъ вращеній и H и N ; они бросаютъ шары такимъ образомъ, что они летятъ большую часть своего пути прямо, но въ концѣ дѣлаютъ неожиданный поворотъ. Такія лица въ состояніи бросать шаръ такимъ образомъ, что онъ, не прерывая полета, летитъ за уголъ дома и исчезаетъ изъ глазъ бросающаго.



Рис. 13. Австралиецъ, бросающій бумерангъ.

3. Бумеранги.

Среди различных предметов вооружения и изобретений диких народов ничто не вызвало такого интереса, как бумеранг туземцев Австралии (см. рис. 13), и именно благодаря рассказам об удивительных свойствах его. Передавали, что онъ въ состояннн описывать въ воздухѣ окружности, узлы и даже фигуры въ видѣ восьмерки; что онъ, попавъ въ дичь, возвращается къ бросившему его охотнику; что онъ можетъ облетѣть вокругъ дома и вернуться съ другой стороны, и что онъ, возвращаясь, опускается позади бросившаго его.

Бумерангу придаютъ весьма различныя формы. Онъ изготовляется изъ плоскаго, тонкаго куска твердаго дерева

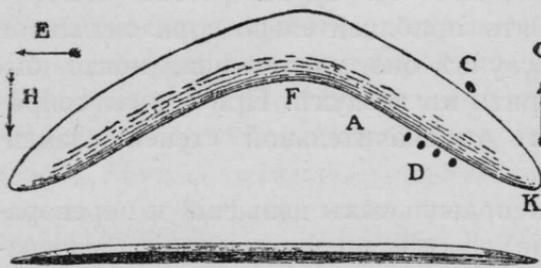


Рис. 14. Обыкновенная форма бумеранга.

и имѣетъ слегка закругленные концы и острые края (рис. 14). Если смотрѣть на его плоскую поверхность, то онъ представится согнутымъ въ видѣ угла или на подобіе луннаго серпа. На рис. 14 изображена наиболѣе часто встрѣчающаяся форма бумеранга,

если смотрѣть на него сверху и сбоку. Уголь, образуемый обоими концами, не имѣетъ установленной величины и обуславливается преимущественно направлениемъ волоконъ дерева.

Оба колѣна не всегда лежатъ въ одной плоскости но, слегка повернуты другъ относительно друга такъ, что передній край одного колѣна слегка выдается кверху, между тѣмъ какъ задній край направленъ книзу. Дѣйствія этого оружія зависятъ не только отъ его формы, но въ весьма значительной степени и отъ способа, какимъ имъ пользуются. Благодаря своей плоской формѣ бумерангъ похожъ на листъ, кусокъ бумаги или жести, и поскольку дѣло касается этой плоской его формы можно было бы ожидать, что онъ обнаружитъ такія же свойства, какъ одинъ изъ

этихъ предметовъ. Если мы теперь станемъ наблюдать паденіе названныхъ предметовъ съ достаточной высоты, то увидимъ, какъ вмѣсто того, чтобы плавно и непрерывно скользить внизъ однимъ и тѣмъ же краемъ, они совершаютъ многочисленныя разнообразныя движенія. Листья, падающіе осенью съ деревьевъ, катятся во все время паденія, безпрестанно оборачиваясь вокругъ себя. Другіе совершаютъ родъ колебательнаго движенія, описывая при паденіи зигзагообразный путь. Нѣкоторые кружатся, держась иногда горизонтально, иногда однимъ концомъ ниже, чѣмъ другимъ, описывая такимъ образомъ поверхность конуса.

Ни одно изъ этихъ движеній не приспособлено къ тому, чтобы направить наше оружіе послѣ того, какъ оно будетъ выпущено изъ рукъ, къ заранѣе намѣченной цѣли. Иначе обстояло бы дѣло, если бы оружіе могло подобно птичьему крылу сохранять приблизительно горизонтальное положеніе. Въ такомъ случаѣ оно, какъ птица, могло бы, постоянно двигаясь, парить въ воздухѣ. При этомъ сопротивленіе воздуха отчасти въ значительной степени замедляло бы его паденіе.

Чтобы избѣжать неправильныхъ движеній и переворачиваній, и чтобы оружіе во все время движенія было направлено острымъ краемъ впередъ, бросающій долженъ въ моментъ метанія оружія что-то сдѣлать. Это „что-то“ заключается въ томъ, что онъ заставляетъ бумерангъ вращаться въ почти горизонтальной плоскости т. е. приблизительно вокругъ вертикальной оси.

Въ статьѣ о гироскопѣ мы видѣли, что тѣло, приведенное во вращательное движеніе, оказываетъ значительное сопротивленіе всѣмъ попыткамъ измѣнить его плоскость вращенія. Его можно легко двигать взадъ и впередъ, въ сторону, вверхъ и внизъ, не встрѣчая другого противодействія, кромѣ того, которое оказываетъ его вѣсъ. Если же мы попробуемъ придать ему другой наклонъ, такъ чтобы тѣло вращалось въ другой плоскости, то оно будетъ сопротивляться этому измѣненію съ энергіей, совершенно отличной отъ энергіи силы тяжести.

Въ такомъ вращеніи мы имѣемъ, слѣдовательно, средство вызвать непрерывное движеніе. Мы въ состояніи та-

кимъ образомъ уже въ самомъ началѣ задержать всякія стремленія отклониться отъ намѣченнаго пути. Такъ и охотникъ, бросающій бумерангъ, сообщаетъ ему стремленіе двигаться въ опредѣленномъ направленіи. Способъ, которымъ слегка искривленные края бумеранга прорѣзываютъ воздухъ, вскорѣ заставилъ бы его производить неправильныя движенія, которыя, если предоставить имъ свободу, вскорѣ превратились бы въ колебательныя движенія или свелись бы къ безпрестанному переворачиванію, какое мы наблюдаемъ при паденіи листьевъ, кусковъ бумаги и т. д. Но вращеніе, сообщаемое метательному орудію, уничтожаетъ всѣ эти неправильности движенія въ самый моментъ ихъ возникновенія.

Способъ, какимъ осуществляется вращеніе бумеранга, можно ясно видѣть на рис. 14. Предположимъ, что оружіе бросается въ направленіи стрѣлки *E*, т. е. справа налѣво, и мы разсматриваемъ его въ тотъ моментъ, когда его собираются выпустить изъ руки, находящейся подъ нимъ. Въ тотъ моментъ, когда отгибаніемъ большого пальца *C* бросаютъ оружіе, остальные пальцы въ *D* представляютъ препятствіе, и чтобы миновать ихъ, бумерангъ долженъ повернуться въ направленіи стрѣлокъ *G* и *H*. Это вращеніе затѣмъ ускоряется толчкомъ въ направленіи *G*.

Но этимъ во всякомъ случаѣ еще не объяснены тѣ особенности полета, которыми бумерангъ въ такой степени прославился. Къ числу

ихъ принадлежитъ во первыхъ тотъ фактъ, что бумерангъ можетъ вернуться къ бросающему. Пусть на рис. 15 *AB* изображаетъ бросающаго, а пунктирная линія *AC* — направленіе, въ которомъ онъ бросаетъ.

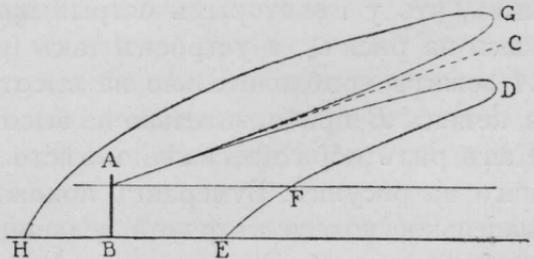


Рис. 15. Линія полета бумеранга.

Если бы *AC* было плоской поверхностью полированного металла, наклоненной вродѣ наклонной крыши, и бумерангъ былъ бы брошенъ вдоль этой гладкой поверхности,

то достигнувъ той высоты, которую ему въ состояніи сообщить первоначальный толчокъ, онъ просто повернулъ бы и, соскользнувъ, возвратился бы снова къ тому мѣсту, изъ котораго онъ вышелъ.

Фактически бумерангъ поддерживается подобнымъ же образомъ, хотя и не металлической плоской поверхностью. Если онъ брошенъ такъ, что одна его поверхность обращена кверху, а другая книзу, и онъ поддерживается въ этомъ положеніи вращательнымъ движеніемъ, то онъ опирается на воздухъ, какъ бумажный змѣй или какъ крылья парящей птицы. Но подобно этимъ послѣднимъ онъ не имѣетъ твердой опоры, воздухъ поддается, и онъ медленно опускается внизъ; вмѣсто направленія AC , въ которомъ онъ брошенъ, онъ слѣдуетъ по непунктирной линіи и въ D поворачиваетъ, падая все медленнѣе и медленнѣе и скользя назадъ по воздуху почти какъ по металлической поверхности, хотя и продолжаетъ все время падать. Такимъ образомъ онъ достигаетъ высоты F , съ которой онъ началъ подыматься, и продолжая двигаться до земли, падаетъ почти у самыхъ ногъ бросившаго его.

Сходный опытъ можно продѣлать и безъ бумеранга, если бросить наклонно вверхъ прямоугольный кусокъ легкой, но не гибкой папки (картона), держа его за одинъ конецъ и сообщивъ ему быстрое вращеніе.

Бумеранги, какъ уже упомянуто, не всѣ совершенно одинаковой формы. Если ихъ ближе разсмотрѣть, то увидимъ, что у нѣкоторыхъ острый край не вполне прямой, какъ на рис. 14, а устроенъ такъ (рис. 16), что конецъ края A лежитъ приблизительно на высотѣ верхней поверхности, а конецъ B приблизительно на высотѣ нижней поверхности. Какъ разъ обратное имѣетъ мѣсто для задняго края, невиднаго на рисункѣ. Бумерангъ похожъ въ этомъ случаѣ на маленькое колесо вѣтряной мельницы, какъ оно представлено на рис. 16. Это колесо имѣетъ косыя крылья. Предположимъ, что оно вращается такимъ образомъ, что лѣвыя крылья движутся впередъ; въ такомъ случаѣ верхнія края C , D , E , F выступаютъ впередъ и прорѣзываютъ воздухъ, стремясь скользя по немъ вверхъ. Вращеніе совершается съ помощью шнура, намотаннаго на ось, прикрѣпленную

къ колесу. Если вращеніе достаточно быстро, и колесо достаточно велико, то оно взлетитъ до потолка и можетъ даже подняться на высоту дома.

Бумерангъ такой формы, какая изображена на рис. 16 очевидно вполне сходенъ по строенію съ такимъ колесомъ; правда, онъ имѣетъ лишь 2 крыла, при чемъ по сравненію съ поверхностью они значительно тяжелѣе. Но до извѣст-

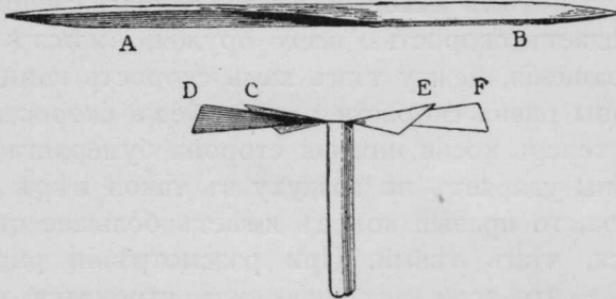


Рис. 16. Къ объясненію винтового движенія бумеранга.

ной степени бумерангъ будетъ обнаруживать тѣ же явленія, если сообщить ему подобное же вращеніе. Если бумерангъ на рис. 16 вращается такъ, что конецъ *A* направленъ къ читателю, то каждый конецъ будетъ стремиться подняться и при томъ съ силой, пропорциональной силѣ, вызвавшей вращеніе.

Такимъ образомъ стремленіе подняться можетъ уничтожить паденіе, обусловленное силой тяжести. Въмѣсто пути *ADFE* на рис. 15 бумерангъ можетъ летѣть въ направленіи линіи *AC* и можетъ по ней же возвратиться. Если же сообщить ему болѣе быстрое вращеніе, то онъ поднимется надъ этой линіей, пройдетъ приблизительно путь *AGH* и такимъ образомъ упадетъ на землю позади бросившаго его.

Но бумерангъ можетъ совершить еще болѣе удивительныя вещи; онъ можетъ описывать окружности, эллипсы и сложныя фигуры. Чтобы понять, какимъ образомъ происходятъ эти измѣненія, мы должны вспомнить, что бумерангъ приводится не только во вращательное движеніе, но ему одновременно сообщаютъ еще очень энергичное движеніе впередъ. Предположимъ, что послѣднее движеніе на рис. 16

происходитъ впередъ отъ читателя, т. е. перпендикулярно къ страницѣ нашей книги; вращеніе же идетъ такъ, какъ прежде было указано. Такимъ образомъ конецъ *B* движется впередъ сквозь страницу, конецъ же *A* направленъ къ читателю.

Въ такомъ случаѣ ясно, что каждый конецъ, находясь по правую сторону, долженъ прорѣзывать воздухъ быстрѣе и энергичнѣе, чѣмъ находясь слѣва. Конецъ съ правой стороны обладаетъ скоростью всего оружія, вмѣстѣ со скоростью вращенія, между тѣмъ какъ скорость конца съ лѣвой стороны равна скорости оружія безъ скорости вращенія. Если теперь косая нижняя сторона бумеранга съ правой стороны ударяетъ по воздуху въ такой мѣрѣ сильнѣе, чѣмъ слѣва, то правый конецъ имѣетъ большее стремленіе подняться, чѣмъ лѣвый. При разсмотрѣннн рисунка мы видѣли уже, что если внѣшняя сила стремится измѣнить плоскость вращенія тѣла (гироскопа) въ опредѣленномъ направленіи, то это измѣненіе не такъ легко удастся, и при этомъ возникаетъ нѣчто среднее между прежнимъ состояніемъ и тѣмъ, въ которое стремится привести его сила.

Въ нашемъ случаѣ этотъ компромисъ заключается въ томъ, что не просто правый конецъ подымается выше лѣваго, но при этомъ поднимается удаленный отъ читателя край. Результатомъ является такимъ образомъ поднятіе правой передней четверти.

Дальнѣйшимъ слѣдствіемъ измѣненія плоскости вращенія является измѣненіе общаго направленія полета. Дѣйствительно, если передній край лежитъ выше задняго, то оружіе уже не обращено острымъ краемъ къ воздуху. Нижняя плоскость его встрѣчаетъ воздухъ въ болѣе наклонномъ положеніи, чѣмъ прежде, и результатомъ является стремленіе описать дугу вверхъ и налѣво. Такъ какъ причины продолжаютъ дѣйствовать, то происходитъ сложеніе ихъ дѣйствій, такъ что бумерангъ описываетъ въ концѣ концовъ часть окружности, цѣлую окружность или даже больше окружности.

Поднятіе одной стороны можетъ оказаться настолько большимъ, что оружіе переворачивается, и это и другія измѣненія, вызванныя вращеніемъ, приводятъ къ дальнѣйшимъ

усложненіямъ въ полетѣ бумеранга. Но было бы слишкомъ утомительно разбирать ихъ каждое въ отдѣльности. Рисунокъ 17 изображаетъ нѣкоторые дѣйствительные пути полета, между прочимъ и замѣчательное движеніе вдоль земли, при которомъ бумерангъ нѣсколько разъ отскакиваетъ отъ земли. Вертикальный отрѣзокъ изображаетъ бросающаго.

Въ городахъ и предметяхъ, гдѣ болѣе, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ приходится считаться съ полиціей, невозможно было бы, если бы мы даже имѣли бумеранги, упраж-

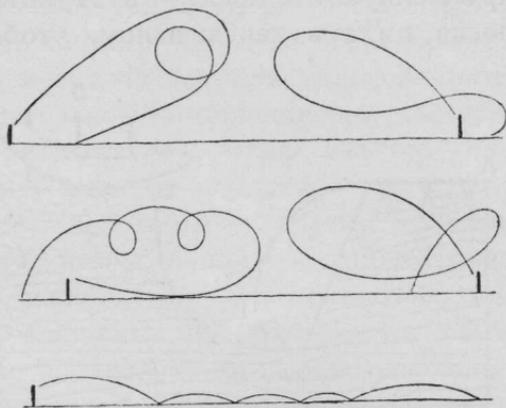


Рис. 17. Пути полета бумеранга.

няться съ ними столько, чтобы быть въ состояніи подражать дѣйствіямъ австралійскихъ туземцевъ. Но въ деревнѣ упражненіе съ ними представило бы очень занимательное времяпрепровожденіе. Если бы любители бумеранговъ получили разрѣшеніе пользоваться ими противъ всѣхъ автомобилистовъ, которыхъ поймаютъ въ то время, когда тѣ заставляютъ задыхаться ни въ чемъ неповинныхъ туристовъ отъ пыли и дыма, то этотъ родъ спорта оказался бы болѣе увлекающимъ и полезнымъ, чѣмъ многіе другіе виды его. Подобно охотѣ на тигровъ въ Индіи или на волковъ въ Россіи спортъ съ бумерангомъ, кромѣ удовольствія, которое онъ доставлялъ бы спортсмену, былъ бы вмѣстѣ съ тѣмъ очень полезенъ.

За отсутствіемъ такихъ благопріятныхъ случаевъ, можно все же кое-что сдѣлать, если вырѣзать бумерангъ изъ визитной карточки. Положивъ его затѣмъ на одну руку, ему даютъ щелчокъ большимъ и указательными пальцами другой руки, или же его держатъ за одинъ конецъ и бросаютъ косо вверхъ, сообщивъ ему по возможности быстрое вращеніе.

Лучшихъ результатовъ можно достигнуть съ помощью небольшого, самодѣльнаго прибора, изображеннаго на

рис. 18. Онъ готовится изъ доски, имѣющей въ толщину 1 см., въ длину 25 см., въ ширину 12 см. На одной сторонѣ часть выпиливается, какъ показано на рисункѣ. *AB* представляетъ полоску китоваго уса или стали, прикрѣпленную къ доскѣ въ *A* ниткой или проволокой. Полоска имѣетъ такую длину, чтобы конецъ ея *B*, изображенный на рис. 18 отогнутымъ внизъ, достигалъ до края *C*, когда его опускаютъ. Тогда онъ ударяется о конецъ маленькаго бумеранга, приготовленнаго изъ картона или тонкой жести и сообщаетъ ему одновременно поступательное движеніе и быстрое вращеніе въ плоскости полета.

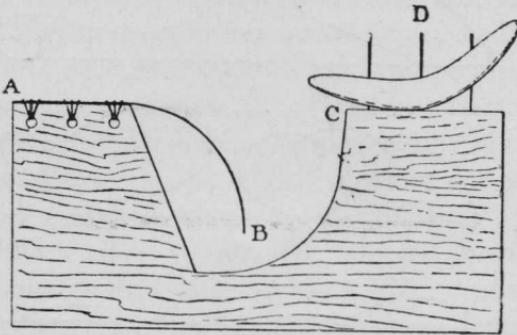


Рис. 18. Бумерангъ вмѣстѣ съ металлическимъ снарядомъ для комнатныхъ опытовъ.

Въ *D* на рис. 18 воткнуты въ край доски 3 короткихъ куска проволоки или 3 гвоздя безъ шляпокъ такъ, чтобы они приходились позади средней линіи. Въ такомъ случаѣ они образуютъ подходящую опору для маленькаго бумеранга передъ тѣмъ, какъ его бросаютъ въ различныхъ направленіяхъ.

Измѣняя величину и вѣсъ бумеранга, крѣпость и вѣсъ пружины и степень вращенія обоихъ колѣнъ бумеранга, можно безъ труда получить многіе изъ описанныхъ результатовъ на полѣ, во дворѣ или даже въ просторной комнатѣ.

4. Шары въ качествѣ воздушныхъ кораблей.

Въ теченіе многихъ лѣтъ множество людей пыталось разрѣшить проблему воздухоплаванія при помощи воздушныхъ шаровъ. Въ большинствѣ случаевъ это не изобрѣтатели въ собственномъ смыслѣ этого слова, такъ какъ они не придумываютъ никакихъ самостоятельныхъ приложений

или комбинацій силъ природы или механическихъ приспособленій, которыя способны были бы открыть передъ нами совершенно новыя перспективы. Они просто примѣняютъ открытія и схемы, которыя примѣнялись уже сотни разъ до нихъ, пользуясь новѣйшими успѣхами въ дѣлѣ изготовленія легкихъ и прочныхъ машинъ, веревокъ и шелковыхъ матерій, лучшихъ лаковъ и тысячи другихъ мелочей. Иногда съ помощью такой тщательной комбинаціи они достигаютъ немного лучшихъ результатовъ, чѣмъ ихъ предшественники, иногда же имъ и этого не удается.

Изобрѣтателями были Монгольфье и другіе, которые первые додумались до того, чтобы наполнить особаго рода мѣшокъ легкимъ газомъ, который, будучи достаточно великъ, могъ бы поднять человѣка. Изобрѣтателями были также тѣ, которые первые напали на мысль замѣнить воздушные шары плоскостями, которыя дѣйствовали бы, какъ листы бумажнаго змѣя или крылья птицы. Тѣ, которые впервые представили себѣ газовый резервуаръ въ формѣ сигары съ цѣлью уменьшить сопротивленіе воздуха при движеніи, — тѣ также были изобрѣтателями. Но послѣ того, какъ эти открытія были сдѣланы, нельзя назвать изобрѣтеніемъ примѣненіе къ нимъ новѣйшихъ улучшеній вышеуказаннаго рода.

Фактически всѣ новѣйшіе воздухоплаватели желаютъ чего-то невозможнаго. Приготовить шаръ, который двигался бы немного быстрѣе и былъ бы немного болѣе безопасенъ, чѣмъ другіе, разумѣется возможно; и многіе повидимому думаютъ, что когда одинъ изъ такъ называемыхъ изобрѣтателей достигъ этого, онъ на пути къ успѣху. Но цѣль, которую воздухоплаватели себѣ ставятъ, заключается въ „завоеваніи воздуха“, т. е. въ открытіи не только возможнаго, но и практическаго средства передвиженія въ воздухѣ, приблизительно такого же безопаснаго и пригоднаго для путешествія по воздуху, какимъ является хорошее судно для плаванія по морю. Достигнуть этого при помощи воздушныхъ шаровъ невозможно.

Все, что мы разсматривали въ предыдущихъ главахъ, были дѣйствительныя явленія, которыя казались намъ парадоксальными только вслѣдствіе ихъ кажущагося противорѣчія со здравымъ человѣческимъ смысломъ. Въ этой же

главѣ мы имѣемъ дѣло съ парадоксальной идеей *). Въ высшей степени интересно изслѣдовать эту идею и показать всю невозможность осуществленія этого плана, на который многіе люди затратили и продолжаютъ тратить такъ много времени, столь большое количество денегъ и умственнаго труда.

Плаваніе въ такой средѣ, какъ воздухъ, и въ такой жидкости, какъ вода, отличается отъ передвиженія по землѣ не только способомъ и средствами поддержанія тѣла, но также и тѣмъ обстоятельствомъ, что эти среды часто и сами совершаютъ энергичное движеніе.

Въ этомъ случаѣ корабль оказывается во власти несущей его среды, если предположить, что онъ не можетъ передвигаться съ такой же быстротой, съ которой можетъ двигаться среда. Чтобы обладать дѣйствительно независимымъ движеніемъ, корабль долженъ быть способнымъ на большее. Онъ долженъ быть въ состояніи двигаться въ средѣ гораздо быстрѣе, чѣмъ послѣдняя.

Такъ, напримѣръ, корабль, проходящій въ часъ только 8 километровъ, подвергался бы опасности быть отнесеннымъ на подводные камни и мели океаническими теченіями, скорость которыхъ равна 9 километр. въ часъ. Если вода въ рѣкѣ движется со скоростью 9 километровъ въ часъ, то пароходъ, дѣлающій 8 километровъ въ часъ, могъ бы конечно, плыть внизъ по теченію рѣки, но не вверхъ по рѣкѣ. Если бы наибольшая скорость парохода была 9 километровъ, то несмотря на величайшія усилія двигаться вверхъ по рѣкѣ, онъ все же остался бы у пристани. Чтобы плыть свободно вверхъ и внизъ по рѣкѣ, онъ долженъ двигаться по водѣ гораздо быстрѣе, чѣмъ вода течетъ по землѣ.

То же условіе сохраняетъ силу и по отношенію къ машинѣ, предназначенной для движенія вдали отъ земли по

*) Это сужденіе д-ра Гампсона слишкомъ категорично. Оно объясняется высокими, быть можетъ, слишкомъ высокими требованіями, которыя авторъ предъявляетъ къ пригодному для употребленія воздушному кораблю. Но и въ томъ случаѣ, если бы дальнѣйшее развитіе воздухоплаванія обнаружило со временемъ его неправоту, все же поучительно прослѣдить за его пессимистическими разсужденіями и вычисленіями.

воздуху. Она не только должна быть въ состояніи подняться и держаться наверху такъ долго, сколько понадобится, но должна во избѣжаніе паденія двигаться по воздуху съ такой же быстротой, какъ и самъ воздухъ, т. е. она должна быть въ состояніи двигаться со скоростью самаго сильнаго вѣтра. Для свободнаго же и независимаго движенія по всякому направленію и во всякое время она должна двигаться даже значительно быстрѣе всякаго самаго сильнаго вѣтра. Если даже разрѣшить воздушнымъ шарамъ, какъ это по мѣрѣ возможности дѣлаютъ пароходы, оставаться во время урагана въ безопасной гавани, то все же они должны двигаться значительно быстрѣе сильныхъ вѣтровъ и даже штормовъ. Если они, какъ это теперь дѣлается, должны будутъ выжидать дни и недѣли, пока утихнетъ вѣтеръ и наступитъ почти полное затишье, то едва ли будетъ достигнуто „завоеваніе и подчиненіе воздушной стихіи“. Съ такимъ же основаніемъ мышъ, которая осмѣлилась выбратья изъ норки, пользуясь моментомъ, когда кошка спитъ, могла бы хвастать побѣдой надъ кошкой.

Въ какой мѣрѣ вѣроятно, чтобы воздушные шары оказались когда-либо въ состояніи двигаться съ такой быстротой, которая не только позволила бы имъ уцѣлѣть отъ дѣйствія вѣтровъ, но дала бы возможность слѣдовать по заранѣе намѣченному пути, не считаясь съ вѣтромъ?

Если успѣхъ возможенъ, то строители воздушныхъ шаровъ несомнѣнно правы, придавая шару удлиненную сигарообразную форму, вслѣдствіе которой онъ, двигаясь продольно, встрѣчаетъ спереди возможно малое сопротивленіе воздуха. Но въ этомъ отношеніи существуютъ границы, и все, что съ пользой могло быть сдѣлано, уже выполнено. Шарообразная форма отличается при данномъ объемѣ наименьшей поверхностью и требуетъ, слѣдовательно, наименьшаго количества строительнаго матеріала. Такимъ образомъ шаровая форма воздушнаго шара могла бы обезпечить ему наибольшую подъемную силу. По мѣрѣ удаленія отъ этой формы увеличивается потеря подъемной силы. Предѣлы улучшеній въ этомъ направленіи фактически уже достигнуты. Точно также достигли предѣловъ въ стремленіи сдѣлать возможно легкими остовъ, моторъ,

веревки, газовый резервуаръ; съ точки зрѣнія безопасности можно даже сказать, что мы не только достигли этихъ границъ, но и перешагнули ихъ. Хотя вѣсь мотора, быть можетъ, можно еще уменьшить, все же въ этомъ отношеніи осталось сдѣлать сравнительно такъ мало, что объемъ шара, необходимый для данной грузоподъемности, уже не можетъ быть существенно уменьшенъ.

Объемъ этотъ для шаровъ съ значительной грузоподъемностью таковъ, что быстрота ихъ полета при сильномъ вѣтрѣ недостаточна для того, чтобы быть увѣреннымъ въ безопасности, или хотя бы для свободного и независимаго движенія. Во время урагана скорость воздуха равна приблизительно 40 м. въ секунду, а воздушный шаръ безопасности ради долженъ былъ бы быть въ состояніи выдерживать вѣтеръ со скоростью въ 20 м., т. е. онъ долженъ былъ бы самъ двигаться съ такой именно быстротой. Чтобы свободно летѣть по всѣмъ направленіямъ противъ сильныхъ вѣтровъ, ему слѣдовало бы обладать скоростью равной скорости курьерскаго поѣзда, т. е. отъ 70 до 90 километровъ въ часъ *).

Многія птицы, какъ, напримѣръ, голуби летятъ съ такою же скоростью. Но онѣ парятъ въ воздухѣ не вслѣдствіе своей легкости и значительнаго объема, какъ шаръ. Птица съ заостренной головой, постепенно утолщающимся тѣломъ и крыльями, края которыхъ направлены впередъ, удивительно приспособлена къ тому, чтобы быстрымъ движеніемъ разсѣкать воздухъ. На сколько иначе обстояло бы дѣло, если бы птицы держались въ воздухѣ не благодаря ударамъ крыльевъ о воздухъ, а парили въ немъ вслѣдствіе достаточно малаго вѣса по сравненію со своими размѣрами или вслѣдствіе достаточной величины по сравненію со своимъ вѣсомъ. Маленькая птичка вѣсомъ въ 40 гр. должна была бы въ такомъ случаѣ занимать объемъ въ 30 кубическихъ дециметровъ (литровъ). Если представить этотъ объемъ въ сигарообразной формѣ, такъ чтобы длина его

*) Въ связи съ этимъ интересно отмѣтить, что воздушный корабль графа Цепелина въ октябрѣ 1907 года шель съ успѣхомъ противъ вѣтра, имѣвшаго скорость 6 м.

была въ то разъ больше діаметра поперечнаго сѣченія, то онъ все же противопоставлялъ бы воздуху поперечное сѣченіе величиной болѣе 70 квадратныхъ сантиметровъ,—неимовѣрно большая поверхность для маленькой птички, если бы ей пришлось заставить эту поверхность быстро двигаться въ воздухѣ.

Или же возьмемъ случай птицы, которая насилу можетъ летать, напримѣръ, гуся вѣсомъ въ 4—5 килограммовъ. Онъ долженъ былъ бы занять объемъ въ 3—4 кубическихъ метра. Если бы мы сообщили ему сигарообразную форму, этотъ объемъ имѣлъ бы поперечное сѣченіе приблизительно въ $1\frac{1}{2}$ квадратнаго метра. Нельзя представить себѣ двигательнаго аппарата, который обладалъ бы достаточной силой, чтобы приводить въ движеніе такую поверхность со скоростью въ 75—90 километровъ въ часъ и вмѣстѣ съ тѣмъ былъ бы настолько легкимъ, чтобы вмѣстѣ съ остальными органами нашей гипотетической птицы вѣсить 4—5 килограммовъ.

Къ тому же сопротивленіе, оказываемое воздухомъ движущемуся тѣлу съ такой большой поверхностью, такъ велико, что оно непремѣнно разбило бы въ дребезги предметъ, который долженъ быть такимъ легкимъ, какъ воздушный шаръ. Предположимъ, что въ нашемъ гипотетически увеличенномъ гусѣ, большая часть 5 килограммовъ вѣсу пошла на образованіе мускуловъ, сухожилій и костей достаточно сильныхъ для движенія по воздуху такого большого тѣла со скоростью 80 килом. въ часъ, и ему осталось еще немного изъ этихъ 5 килограммовъ для построенія остова и наружныхъ стѣнокъ тѣла въ 4 кубическихъ метра, которыя должны быть достаточно прочны, чтобы противостоять страшному давленію на это тѣло, когда оно несется съ быстротой курьерскаго поѣзда. Поставить эту проблему значитъ признать въ то же время ея неразрѣшимость.

Противорѣчія, возникающія при конструкціи воздушнаго шара, могутъ быть кратко формулированы слѣдующимъ образомъ:

1) Чтобы пользоваться независимостью или хотя бы безопасностью даже въ быстро движущемся воздухѣ, воздушный шаръ долженъ летѣть съ быстротой курьерскаго поѣзда.

2) Чтобы противостоять давленію воздуха при столь большой скорости, онъ долженъ быть очень сильнымъ и вслѣдствіе этого тяжелымъ.

3) Чтобы парить въ воздухѣ вслѣдствіе собственной легкости, онъ долженъ быть по сравненію со своимъ вѣсомъ очень большимъ и поэтому слабымъ.

4) Чтобы быстро двигаться при такомъ объемѣ, онъ долженъ располагать въ высшей степени сильнымъ и вслѣдствіе этого тяжелымъ двигателнымъ аппаратомъ.

Мы можемъ сказать еще короче, что воздушный шаръ долженъ быть одновременно тяжелымъ и легкимъ, слабымъ и крѣпкимъ. Проблема завладѣть воздушной стихіей при помощи воздушнаго шара такимъ образомъ неразрѣшима. Но это ни въ какомъ случаѣ не приложимо къ общей задачѣ построить пригодные воздушные корабли. Къ ней слѣдуетъ только подойти съ такими средствами, которыя не приводили бы къ недостижимымъ требованіямъ. Сама природа быть можетъ въ состояніи навести насъ на возможный способъ рѣшенія.

Въ качествѣ примѣровъ тѣль, парящихъ въ воздухѣ, намъ могутъ прійти въ голову плоды одуванчика или маленькіе паучки, висящіе на длинной сотканной ими нити, которую вѣтеръ носитъ въ воздухѣ. Но все это случаи чисто пассивнаго полета въ воздухѣ. Если вѣтеръ дуетъ къ морю, то и летящіе предметы, если только они заранѣе не укрѣпились гдѣ-нибудь, несутся туда же. Въ совершенно спокойномъ воздухѣ всѣ они упали бы по отвѣсной линіи на землю. Они обязаны своимъ движеніемъ впередъ исключительно воздушнымъ теченіямъ, и если эти послѣднія случайно оказываются восходящими, то они поднимаются и уносятся вверхъ и впередъ несмотря на свой ничтожный вѣсъ, который тянетъ ихъ внизъ.

Активные и независимые воздухоплаватели природы, какъ птицы, летучія мыши и насѣкомыя пользуются всѣмъ однимъ изъ слѣдующихъ двухъ способовъ или даже обоими. Они либо ударяютъ по воздуху своими крыльями, или же, какъ большинство крупныхъ птицъ и множество мелкихъ, парятъ по воздуху съ распростертыми и непод-

вижными или почти неподвижными крыльями, постепенно скользя съ болѣе высокаго положенія внизъ.

Нѣкоторыя изъ движеній, производимыхъ птицами, будутъ разсмотрѣны подробнѣе въ слѣдующей главѣ. Пока же отмѣтимъ, что тѣ строители воздухоплавательныхъ аппаратовъ, которые, стараясь использовать принципы, управляющіе полетомъ птицъ, ищутъ опоры въ воздухѣ путемъ примѣненія большихъ плоскихъ поверхностей, скользящихъ по воздуху и покоющихся на немъ, избѣгаютъ этимъ свойственныхъ воздушнымъ шарамъ большихъ объемовъ. Хотя и имъ также приходится бороться съ большими трудностями, все же разрѣшеніе проблемы лежитъ въ предѣлахъ возможнаго. Ёзда на такихъ машинахъ, вѣроятно, никогда не будетъ вполнѣ безопасной или очень дешевой, но можно предположить, что онѣ сослужатъ большую службу на войнѣ, при метеорологическихъ изслѣдованіяхъ, а также въ исключительныхъ случаяхъ.

5. Путь птицы въ воздухѣ.

Движеніе птицы въ воздухѣ или рыбы въ водѣ издавна служило предметомъ размышленія для всѣхъ, кто испытываетъ потребность въ уразумѣннн ежедневно наблюдаемыхъ явленій. И все же какой загадочной кажется способность маленькихъ рыбъ съ такой быстротой и повидимому безъ большихъ усилій стрѣлой прорѣзывать воду, среду, представляющую столь большое сопротивленіе быстрымъ движеніямъ.

Полетъ птицъ за исключеніемъ отдѣльныхъ моментовъ, ожидающихъ своего разъясненія, можетъ считаться явленіемъ въ большей своей части выясненнымъ. Несмотря на это, нѣкоторыя связанная съ нимъ явленія представляютъ полную противоположность тому, что мы должны были ожидать.

Къ такого рода явленіямъ, которыя неоднократно служили предметомъ изслѣдованія принадлежитъ пареніе въ воздухѣ большихъ птицъ, которыя часто въ теченіе многихъ часовъ держатся въ воздухѣ, не производя повидимому никакихъ движеній крыльями. Если мы желаемъ понять

это явленіе, то намъ прежде всего нужно принять во вниманіе, что птица съ распростертыми крыльями, имѣющими большую поверхность, будетъ падать медленнѣе, чѣмъ предметъ такого же вѣса, но съ меньшей поверхностью. Такая птица спускается, какъ парашютъ. Находящійся подъ парашютомъ воздухъ, который онъ долженъ вытѣснить, представитъ тѣмъ большее сопротивленіе, т. е. обнаружитъ тѣмъ большую подъемную силу, чѣмъ больше поверхность парашюта.

Ясно, что такое же замедленіе въ паденіи должно наступить и въ томъ случаѣ, когда птица, взвившись вверхъ взмахами крыльевъ, скользитъ затѣмъ съ распростертыми крыльями по воздуху. Паденіе, необходимо имѣющее мѣсто въ такомъ случаѣ, тѣмъ меньше будетъ бросаться въ глаза, чѣмъ больше скорость, вызванная ударами крыльевъ.

Упомянутое выше пареніе большихъ птицъ въ теченіе цѣлыхъ часовъ безъ удара крыльями этимъ разумѣется не объяснено. Наблюденіе показываетъ, что это движеніе всегда является болѣе или менѣе круговымъ, что оно происходитъ только при наличности вѣтра и что птица пользуется на своемъ круговомъ, эллиптическомъ или спиральномъ пути силой вѣтра, какъ подъемной силой, приводя свои крылья въ опредѣленное наклонное положеніе. Но разсмотрѣніе этого вида полета невозможно безъ точнаго изслѣдованія, относящагося къ математической физикѣ.

Но, какъ передаютъ, наблюдались и такіе случаи, при которыхъ вообще не видно было ни паденія птицы ни скольженія ея впередъ. При такихъ наблюденіяхъ легко могутъ вкрасться и ошибки. На большихъ высотахъ разница высотъ и перемѣщеніе легко могутъ остаться незамѣченными. Если же мы будемъ считать установленной правильность наблюденія, то возможно слѣдующее объясненіе.

Движеніе облаковъ и изслѣдованія при помощи воздушныхъ шаровъ и змѣевъ обнаружили, что въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы часто имѣютъ мѣсто совершенно другія теченія, чѣмъ въ нижнихъ доступныхъ намъ слояхъ. Предположимъ теперь, что въ болѣе высокомъ слоѣ имѣетъ мѣсто наклонно восходящее воздушное теченіе, лишь слегка отклоняющееся отъ горизонтальнаго направленія.

На рис. 19 $ABCD$ представляет часть того воздушного слоя, въ которомъ птица H спокойно скользитъ. Пусть E обозначаетъ то положеніе, въ которомъ она оказалась бы черезъ секунду, если бы воздухъ былъ совершенно спокоенъ. Направленіе движенія указано стрѣлкой F . Если воздухъ движется въ прямо противоположномъ направленіи G съ тою же скоростью, то ясно, что дѣйствительное положеніе птицы должно остаться неизмѣннымъ.

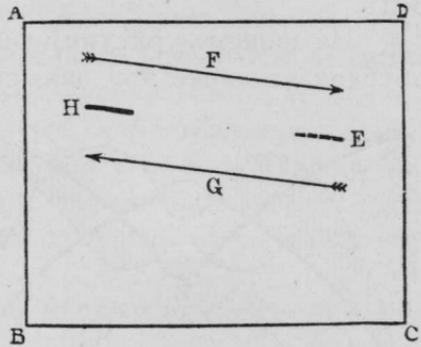


Рис. 19. Къ объясненію паренія.

Другой вопросъ, возникающій при разсмотрѣннн полета птицы, состоитъ въ слѣдующемъ: какимъ образомъ возможно столь быстрое движеніе птицы впередъ, если она не ударяетъ крыльями по воздуху въ обратномъ направленіи? Когда гребець хочетъ подвинуть свою лодку впередъ, онъ ударяетъ весломъ по водѣ назадъ. Колесный пароходъ дѣлаетъ то же лопатками своего колеса, а утка или лебедь ногами. Если же мы станемъ внимательно наблюдать птицу, которая достаточно медленно двигаетъ крыльями, на примѣръ, ворону или чайку, то не замѣтимъ ни малѣйшаго движенія крыльями впередъ или назадъ. Удары крыльевъ внизъ достаточны для объясненія поднятія животнаго. Но какимъ образомъ осуществляется этимъ способомъ движеніе впередъ?

На рис. 20 A и B представляютъ поперечные разрѣзы летящей птицы въ двухъ различныхъ положеніяхъ. Контуры крыльевъ, обведенные пунктирными линіями, обозначаютъ задніе края, а обведенные сплошными линіями — передніе края. На рис. 20 A видна верхняя сторона крыльевъ, на рис. 20 B — нижняя сторона. На рис. 20 A почти законченный ударъ крыльевъ внизъ заставилъ тѣло подняться вверхъ. Въ B почти закончено поднятіе крыльевъ вверхъ, и тѣло, менѣе поддерживаемое, слегка опустилось. C и D изображаютъ тѣ же положенія птицы, но разсматриваемыя сбоку. Такимъ образомъ, въ C видна верхняя сторона

крыльевъ, а въ *D* нижняя. На рис. 20 *A* и *C* передній край крыльевъ лежитъ, слѣдовательно, глубже нижняго края. Если поставленное такимъ образомъ крыло ударяетъ перпендикулярно внизъ, то въ результатѣ оказывается, что оно гонитъ воздухъ не только внизъ, но и назадъ, и такимъ образомъ крыло, а съ нимъ и птица подвигаются впередъ.

На нашемъ рисункѣ наклонное положеніе крыльевъ, обусловливающее это движеніе, для ясности значительно преувеличено. Въ дѣй-

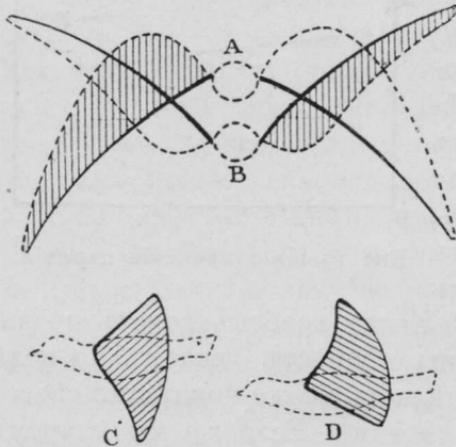


Рис. 20. Полетъ и ударъ крыльевъ.

ствительности оно гораздо меньше; достаточно очень незначительнаго наклонна въ положеніи крыльевъ, чтобы вызвать движеніе впередъ. При этомъ не вся поверхность крыла находится въ такомъ наклонномъ положеніи, строго говоря, мы имѣемъ дѣло лишь съ измѣненіемъ формъ верхушки и задняго края крыла. Въ качествѣ опоры крыло

имѣетъ на своемъ переднемъ краѣ плечевую кость и кости пальцевъ. Отсюда исходятъ маховыя перья, которыя главнымъ образомъ образуютъ летательную поверхность. Задній край крыла поэтому гораздо болѣе гибокъ, чѣмъ передній. Онъ, слѣдовательно, можетъ сгибаться кверху, когда крыло съ достаточной скоростью ударяетъ внизъ по воздуху. Въ виду того, что верхушка крыла обладаетъ наибольшей скоростью по сравненію съ остальными частями крыла, то загибаніе задняго края будетъ особенно сильнымъ вблизи этой верхушки. Это видоизмѣненіе формы, отнюдь не захватывающее всего крыла, является такимъ образомъ причиной движенія впередъ. Въ существованіи тяги вверхъ, обусловленной этой причиной, можно легко убѣдиться самому, подражая быстрымъ движеніямъ полета съ помощью распростертаго высушеннаго крыла курицы. При

этомъ ясно чувствуется, какъ передній край крыла тянется впередъ. Еще яснѣе видно это явленіе на слѣдующей простой модели крыла. На бамбуковой палкѣ длиной приблизительно въ 2 метра (на удилицѣ) соединяють тонкій конецъ и середину ея шнуромъ, который натянутъ такъ туго, что тонкій конецъ палки ясно изогнутъ. Затѣмъ на полученную такимъ образомъ рамку натягивается кусокъ шерстяной или льняной ткани. Если сильно ударять по воздуху этимъ искусственнымъ крыломъ сверху внизъ, то задній край, опирающійся только на шнуръ, сгибается кверху. Дѣйствіе такъ сильно, что при извѣстной скорости вообще не удастся ударить этимъ приборомъ вертикально внизъ, если предположить, что вращенію всего крыла препятствуютъ, крѣпко держа ручку.

Въ заключеніе скажемъ еще нѣсколько словъ относительно поднятія крыльевъ.

Когда мышцы крыльевъ, которыя тянули крыло внизъ расслабляются, то сопротивленіе воздуха, приходящееся на нижнюю поверхность крыльевъ, будетъ подымать крылья кверху, при чемъ тѣло птицы будетъ медленно падать. При этомъ передній край крыла, опирающійся на кости, также, быть можетъ, подымается вверхъ при помощи подымающихъ мышцъ крыла. Главная сторона дѣла заключается по видимому не въ активномъ поднятіи крыльевъ; очень вѣроятно, что взмахъ крыльевъ представляетъ собой по существу пассивный процессъ.

IV. Жидкости и газы.

1. Фунтъ уравниваетъ центнеръ.

Когда люди, никогда не занимавшіеся физикой или практической механикой, слышатъ, что гидравлическій прессъ (водяной прессъ) представляетъ собой машину, дающую человѣку возможность поднять грузъ въ 18 тоннъ (18.000 килогр.), или же что такая машина большихъ размѣровъ, приводимая въ движеніе механической силой, въ состояніи поднять двѣ тысячи тоннъ, то имъ должно ка-

заться, что дѣло не обходится безъ сверхъестественнаго вмѣшательства, благодаря которому сравнительно малая сила порождаетъ такую огромную силу.

Этотъ поразительный результатъ основанъ на томъ фактѣ, что вода, какъ и вообще всѣ жидкости, передаетъ равномерно по всѣмъ направленіямъ производимое на нее давленіе. Иначе обстоитъ дѣло съ кускомъ желѣза или другимъ твердымъ тѣломъ. Онъ способенъ передавать давленіе, испытываемое имъ сверху, какъ, на примѣръ, дѣйствіе своей собственной тяжести, только внизъ, т. е. на предметы, находящіеся подъ нимъ. Предметы, находящіеся рядомъ, не испытываютъ давленія. Если же давить на твердое тѣло сбоку, то оно въ состояніи передать это давленіе лишь на предметы, находящіеся сбоку отъ него по направленію давленія.

Эластичная резина (каучукъ, гуттаперча) обладаетъ до извѣстной степени нѣкоторыми свойствами жидкостей. Она въ состояніи сообщить новое направленіе части испытываемаго ею давленія. Такъ, не полый резиновый мячъ, помѣщенный въ четырехугольный ящикъ такимъ образомъ, чтобы онъ касался его стѣнокъ, будетъ при сильномъ давленіи сверху расширяться. Правда, и въ этомъ случаѣ дно испытываетъ наибольшее давленіе, но часть давленія передается также и на боковыя стѣнки.

Эта особенность, которую резина обнаруживаетъ благодаря способности измѣнять свою форму подъ вліяніемъ давленія, присуща всѣмъ жидкостямъ съ той лишь разницей, что онѣ передаютъ равномерно по всѣмъ направленіямъ все испытываемое ими давленіе. Приведемъ сперва нѣкоторые общеизвѣстные примѣры, которые могутъ показать распространеніе давленія во всѣ стороны. Чѣмъ объяснить то, что вода съ такой силой стремится открыть шлюзъ или прорвать плотину, которая запруживаетъ воду въ прудѣ? Разсмотримъ часть воды на извѣстной глубинѣ внутри шлюза. Ея собственный вѣсъ и вѣсъ лежащихъ надъ нею массъ воды, давятъ на нее книзу. Это давленіе она передаетъ не только нижележащимъ массамъ и, слѣдовательно, дну, но также и прилегающимъ сбоку массамъ воды, которыя въ свою очередь давятъ на стѣны и ворота

шлюза. При этомъ давленіе на ворота на большой глубинѣ будетъ больше, чѣмъ вблизи поверхности. Какъ объяснить далѣе то, что судно плаваетъ по водѣ? Вода вблизи судна давитъ вслѣдствіе собственнаго вѣса внизъ. Это давленіе передается не только въ стороны, но также и вверхъ и давить поэтому на судно снизу.

Чтобы понять дѣйствіе гидравлическаго пресси, вообразимъ или изготовимъ себѣ приборъ, изображенный на рис. 21. *A* и *B* представляютъ 2 цилиндра, внутреннее поперечное сѣченіе которыхъ пусть будетъ равно 10 куб. сант. *D*, *E*, *F* и *G* изображаютъ 4 одинаковыхъ цилиндра. Всѣ шесть цилиндровъ соединяются вблизи ихъ дна маленькими трубками. Въ *C* находится кранъ, который сначала закрыть. Если налить воды въ цилиндръ

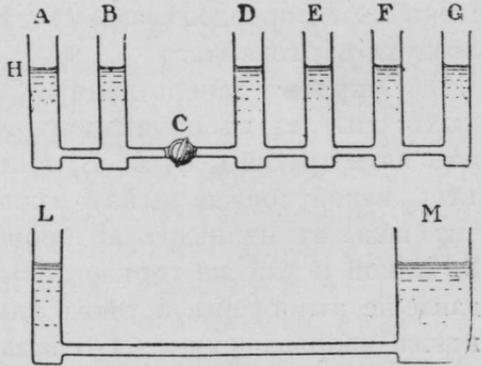


Рис. 21. Къ разъясненію принципа гидравлическаго пресси.

A, то она проникаетъ и въ *B* и подымается на такую высоту, что поверхности ея въ обоихъ цилиндрахъ оказываются въ одной и той же горизонтальной плоскости. Если уровень воды въ одной изъ трубокъ временно стоитъ немного выше, чѣмъ въ другой, то и вѣсъ въ этой трубкѣ немного больше. Она поэтому давитъ сильнѣе на воду, находящуюся на днѣ. Это большее давленіе передается въ сторону и въ другой трубкѣ кверху и подымаетъ воду въ этой трубкѣ, пока она не оказывается на той же высотѣ, что и въ первой трубкѣ, т. е. пока вѣса обѣихъ массъ воды не уравниваются.

Но не только собственный вѣсъ воды передается по любому направленію. На всякую поверхность воды величиной въ 10 квадрат. сантим. воздухъ давитъ съ силой свыше 10 килограммовъ. Это давленіе также передается, и давленіе на обѣ трубки взаимно уравниваются другъ друга. Чтобы доказать это, достаточно помѣстить въ обѣихъ труб-

кахъ надъ водой легко скользящій и плотно входящій поршень. Когда затѣмъ поршень въ *A* слегка приподымають, то онъ освобождаетъ воду въ *A* отъ давленія воздуха. Слѣдствіемъ этого является то, что поршень въ *B*, находящійся подъ такимъ же воздушнымъ давленіемъ, передаетъ свое давленіе водѣ по всѣмъ направленіямъ и вызываетъ въ *A* движеніе воды вслѣдъ за поршнемъ. Если съ другой стороны немного нажать поршень въ *A*, то и этотъ излишекъ давленія передается во всѣ стороны и подымаетъ поршень въ *B*, преодолевая вмѣстѣ съ тѣмъ давленіе на него воздуха въ 10 килогр.

Откроемъ теперь кранъ *C*. Каждый изъ вышеописанныхъ опытовъ съ цилиндромъ *A* вызоветъ тогда въ каждой изъ пяти трубокъ *B*, *D*, *E*, *F* и *G* точно такой же результатъ, какой прежде имѣлъ мѣсто въ одной трубкѣ *B*. Налеемъ воды въ цилиндръ *A*; уровень ея установится повсюду въ одной и той же горизонтальной плоскости, такъ какъ давленіе атмосферы, а также давленіе воды передается по всѣмъ направленіямъ, благодаря чему устанавливается полное равновѣсіе. Если снабдить всѣ трубки поршнями и измѣнить давленіе въ одной, то во всѣхъ пяти трубкахъ произойдутъ тѣ же измѣненія, какія прежде происходили въ одной. Если положить на поршень въ *A* одинъ килограммъ, то и на всѣ пять остальныхъ поршней придется положить по одному килограмму, чтобы всѣ они снова оказались на одной высотѣ.

Здѣсь мы находимъ ключъ къ пониманію гидравлическаго пресса. Всякій грузъ, который давитъ на поверхность воды въ одной изъ трубокъ, уравнивается, очевидно, такой же грузъ въ каждой изъ пяти остальныхъ трубокъ. Килограммъ въ *A* можетъ поэтому поддержать 5 килограммовъ, равномерно распределенныхъ въ *B*, *D*, *E*, *F* и *G*. Но небольшой избытокъ въ *A* нарушитъ равновѣсіе и подниметъ 5 килограммовъ на нѣкоторую высоту.

Ясно, что мы по существу не измѣнимъ отношенія между однимъ изъ цилиндровъ и пятью остальными, если мы всѣ пять послѣднихъ соединимъ въ одну болѣе широкую трубку съ внутреннимъ поперечнымъ сѣченіемъ въ 50 кв. сантим. Такое устройство изображено на рис. 21 въ *M*,

и дѣйствительно опытъ показываетъ, что если L имѣть поперечное сѣченіе въ 10 кв. сант., M —въ 50 квадр. сантим., то 1 килограммъ въ L уравнивается 5 килограм. въ M и небольшого избытка въ L достаточно, чтобы поднять 5 килограммовъ въ M . Отсюда слѣдуетъ—и опытъ подтверждаетъ это—что въ томъ случаѣ, когда поперечное сѣченіе въ M въ 100 разъ больше сѣченія въ L , то сила въ 1 килограммъ въ L уравнивается грузъ въ 100 килогр. въ M .

Представимъ себѣ теперь, что трубка въ L замѣнена небольшимъ нагнетательнымъ насосомъ. L на нашемъ рисункѣ изображаетъ въ такомъ случаѣ цилиндръ насоса. Пусть давленіе на поршень производится не непосредственно рукой человѣка, а при помощи рычага (рукоятки насоса), при чемъ плечо, къ которому приложена сила, пусть будетъ въ 6 разъ длиннѣе плеча, которое соединено съ поршнемъ насоса при помощи стержня. Человѣкъ можетъ безъ особыхъ усилій производить на рычагъ давленіе въ 30 килограммовъ. Примѣненіе рычага увеличиваетъ это давленіе въ 6 разъ, такимъ образомъ поршень давитъ съ силой въ 180 килогр. на воду въ L . Если при этомъ поперечное сѣченіе въ M въ 100 разъ превосходитъ сѣченіе въ L , то вода въ M можетъ поднять грузъ въ 18000 килогр. или 18 тоннъ.

Одинъ человѣкъ, работая рукояткой насоса, поднимаетъ 18 тоннъ! Это похоже на волшебную сказку, когда слышишь это впервые. Дѣло имѣетъ такой видъ, какъ будто природу обманываютъ. Но природа очень осторожный банкиръ и ни разу еще не осталась въ накладѣ. Она никогда не выплачиваетъ по чеку, сумма котораго превосходитъ сдѣланный вкладъ.

Нѣтъ такой машины, изъ которой можно было бы извлечь больше силы, чѣмъ ей было въ той или иной формѣ сообщено. На практикѣ нельзя даже и ровно столько получить. Какого бы рода силу ей ни сообщать, природа беретъ извѣстную пошлину, тратя часть силы на преодоленіе тренія. Эта часть силы является для насъ потерянной силой; она является комиссіей банкира. Такимъ образомъ

оказывается, что общая работоспособность машины всегда меньше сообщенной ей силы.

Поэтому и в том случае, когда человек, производя давление в 30 килограммов, может заставить машину поднять 18 тонн,—мы можем быть уверены, что существует компенсация, которая вместо кажущегося нам сказочного выигрыша работы покажет, что работа соответствует затраченной силе. Эта компенсация заключается в том, что путь, который проходит точка приложения силы, в 600 раз больше пути, который проходит груз. Когда рабочий проходит со своей рукояткой насоса путь в 600 сант., груз в 18 тонн поднимается лишь на высоту 1 сант. Необходимо, следовательно, 100 ударов насоса, чтобы поднять груз на высоту 1 м. При этом рабочий каждый раз должен давить с силой немного большей 30 килограммов, чтобы возместить потерю, обусловленную трением.

Чтобы видеть, что такая компенсация необходима, достаточно взглянуть на рис. 21. Когда поршень в трубке *A* понижает уровень воды ниже *H* и таким образом заставляет воду в остальных пяти трубках подняться вверх, то при одинаковой ширине трубок высота поднятия в 5 трубках может составить лишь пятую часть понижения в первой трубке. Если 5 трубок в *M* соединены в одну, то и в таком случае это должно быть справедливо. Таким образом груз в *M* поднимается на $\frac{1}{5}$ той высоты, на которую опускается поршень в *L*.

2. Жидкости, которые не падают; вода, которая течет вверх.

Наполним стакан водой до самых краев и покроем его куском тонкого картона или твердой бумаги. Затем, прижимая слегка бумагу к стакану, перевернем его и отнимем руку от бумаги (Рис. 22 *A*). Бумага останется в том же положении, и вода не вытечет, несмотря на то, что бумага болше ничем не поддерживается снизу.

Это поразительное явление объясняется тѣмъ, что въ газахъ, какъ и въ жидкостяхъ, частицы удобоподвижны, и вслѣдствіе этого газы также передаютъ давление равномерно по всѣмъ направленіямъ. Поэтому воздухъ передаетъ давление, обусловленное его собственнымъ вѣсомъ, во всѣ стороны и давить такимъ образомъ снизу на бумагу съ

силой приблизительно въ 1 килограммъ на каждый квадратный сантиметр. Если высота стакана (измѣренная съ внутренней стороны) 10 сант., то столбъ воды, приходящійся на каждый квадратный сантиметръ бумаги, вѣситъ только 10 граммъ. Такимъ образомъ давление воздуха на бумагу снизу въ 100 разъ превосходитъ давление на него воды сверху. Не удивительно поэтому, что вода не въ состояніи отодвинуть бумагу и не можетъ поэтому вытечь. Если

случайно вода все таки вытекаетъ, то это происходитъ лишь потому, что бумага сдвинулась въ сторону или загнулась и вслѣдствіе этого не могла равномерно передавать давление воздуха. Единственная задача бумаги заключается въ равномерномъ распредѣленіи давления.

Узкая трубка (Рис. 22 В), наполненная водой, не дастъ водѣ вытечь и въ томъ случаѣ, когда бумаги нѣтъ, если закрыть верхній край трубки пальцемъ. Сѣченіе ея слишкомъ мало, чтобы возможно было неравномерное распредѣленіе давления. Пузырьки воздуха не могутъ поэтому подняться въ ней, и давление атмосферы легко удерживаетъ воду.

Наполнимъ два одинаковыхъ стакана съ плоскими (лучше всего шлифованными) краями подъ водой, на примѣръ,

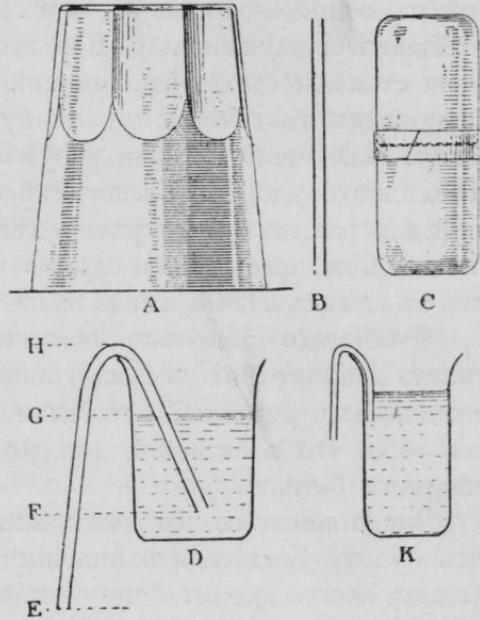


Рис. 22. Дѣйствія воздушнаго давления.

въ ваннѣ, поставимъ ихъ краями одинъ на другой, обернемъ края полоской бумаги и поставимъ ихъ подъ водой вертикально (Рис. 22 С). Затѣмъ начнемъ ихъ осторожно вынимать изъ воды. Если позаботиться о томъ, чтобы положеніе ихъ было совершенно вертикальное, то можно удержать оба стакана, держа рукой одинъ лишь верхній. Нижній стаканъ съ водой, которая въ немъ находится, поддерживается давленіемъ воздуха снизу. Для этого опыта наиболѣе пригодны стаканы съ отвѣсными стѣнками, потому что бумажная полоска въ такомъ случаѣ будетъ лучше прилегать къ стеклу. Назначеніе бумаги, разумѣется, состоитъ не въ томъ, чтобы силою удерживать вмѣстѣ оба стакана; она служитъ лишь для равномернаго распредѣленія воздушнаго давленія, такъ какъ въ противномъ случаѣ пузырьки воздуха проникнутъ въ одномъ мѣстѣ, а вода начнетъ выливаться въ другомъ.

Чтобы это стало вполнѣ ясно, можно взять не плотную бумагу, а напротивъ весьма тонкую. Въ такомъ случаѣ мы можемъ быть увѣрены, что мы не припишемъ давленію воздуха того, что собственно должно быть отнесено на счетъ прочности бумаги.

Для новичковъ въ дѣлѣ экспериментированія нелишнимъ будетъ указать, что опасность неудачно сдѣлать опытъ больше всего грозитъ не тогда, когда его дѣлаютъ въ первый разъ для себя. Напротивъ, неудача случается гораздо чаще тогда, когда экспериментаторъ послѣ ряда удачныхъ опытовъ, продѣланныхъ для себя, хочетъ продемонстрировать данное явленіе напряженно слѣдящимъ удивленнымъ зрителямъ. Поэтому разумный экспериментаторъ будетъ показывать послѣдніе два опыта въ ваннѣ и надъ ванной и такъ же будетъ практиковаться въ производствѣ этихъ опытовъ. Тогда, если стакану или его содержимому удастся перехитрить атмосферное давленіе, стекло, скатерти и коври не пострадаютъ.

Относительно трубки *B* мы предполагаемъ, что она слишкомъ узка, чтобы одновременно вода могла вытекать изъ нея, а воздухъ подниматься въ ней вверхъ; пусть, напри- мѣръ, сѣченіе ея имѣетъ около 5 миллиметровъ въ діаметрѣ. Такъ какъ давленіе воздуха на 1 кв. сантим. равно приблизительно одному килограмму, то на столбъ воды въ

трубка́ воздухъ долженъ былъ бы давить съ силой приблизительно въ 200 граммъ. Но водяная колонна, имѣющая 5 миллим. въ поперечникѣ, должна была бы имѣть въ высоту 10 метровъ, чтобы вѣсить 200 граммъ. Ясно поэтому, что если бы трубка такой высоты была наполнена водой и верхній конецъ ея былъ бы закрытъ, то давленіе воздуха удержало бы воду въ трубкѣ. То же давленіе, разумѣется, легко поддержитъ воду въ трубкѣ длиной приблизительно въ 1 метръ.

Допустимъ, что трубка такой длины изогнута, какъ показано на рис. 22 *D*, и оба ея конца, обращенные теперь книзу, открыты. Въ такомъ случаѣ воздухъ будетъ давить съ одинаковой силой на оба отверстія трубки. Если наполнить всю трубку водой, и высоты обоихъ колѣнъ отъ мѣста сгиба до отверстія были бы точно равны другъ другу, т. е. если бы отверстія лежали въ одной и той же горизонтальной плоскости, то вѣса воды въ обоихъ колѣнахъ трубки точно уравновѣшивали бы другъ друга, и трубка—будучи совершенно открытой—все же оставалось бы наполненной. Но для этого требуется столь точное равенство обоихъ колѣнъ, столь одинаковое наполненіе открытыхъ концовъ, столь одинаковое положеніе висящей на краяхъ жидкости и такое абсолютное спокойствіе воздуха и жидкости, что опытъ практически также мало выполнимъ, какъ если бы мы захотѣли поставить волчокъ, находящійся въ покоѣ, на его остріе. Малѣйшее уклоненіе отъ полного равенства въ описанныхъ выше условіяхъ (чего невозможно избѣжать) нарушаетъ равновѣсіе въ такой подвижной средѣ, какъ жидкость.

Обратимся поэтому къ тому случаю, когда отверстіе въ одномъ колѣнѣ лежитъ значительно ниже, чѣмъ въ другомъ, какъ въ *E* и *F* на рис. 22. Вообразимъ себѣ сначала, что сосуда *D* нѣтъ. Въ такомъ случаѣ давленіе воздуха, дѣйствующее на обоихъ концахъ трубки попрежнему одинаково, и то же относится къ давленію воды между плоскостями *H* и *F*, такъ какъ лежащія между ними столбы воды имѣютъ одинаковую высоту. Давленія воды въ трубкахъ между этими плоскостями уравновѣшиваютъ поэтому равныя части направленного вверхъ давленія воздуха; равно-

вѣсїе такимъ образомъ не нарушается. Но давленіе воды между E и F въ лѣвомъ колѣнѣ не уравнивается соотвѣтствующимъ давленіемъ воды съ другой стороны; напротивъ, уравнивается еще часть атмосфернаго давленія, которое направлено въ лѣвомъ колѣнѣ вверхъ. Такъ какъ вслѣдствіе этого избытокъ давленія воздуха справа значительно больше, чѣмъ слѣва, то вода справа гонится вверхъ, а слѣва течетъ внизъ. Сила, съ которой это явленіе происходитъ, зависитъ отъ высоты столба воды между E и F . Она растетъ поэтому по мѣрѣ того, какъ столбъ воды въ правомъ колѣнѣ, вытекая, уменьшается (ибо сосуда D мы пока еще не беремъ).

Если погрузить короткій конецъ наполненной трубки въ сосудъ съ водой (D), то разница въ давленіи воды въ обоихъ колѣнахъ окажется больше, чѣмъ прежде, такъ какъ столбъ воды въ правомъ колѣнѣ теперь занимаетъ пространство лишь отъ G до H , въ лѣвомъ же колѣнѣ онъ, какъ и прежде, простирается отъ E до H . Движущая сила измѣняется въ такомъ случаѣ высотой столба воды между E и G . Она показываетъ разницу въ уменьшеніи атмосфернаго давленія въ лѣвомъ и правомъ колѣнахъ. Эта движущая сила, очевидно, уменьшается, когда поверхность воды G въ сосудѣ D понижается благодаря истеченію воды; если же мы имѣли бы дѣло лишь съ водой въ трубкѣ, то движущая сила, напротивъ, возрастала бы.

То, съ чѣмъ мы сейчасъ познакомились, есть общеизвѣстное дѣйствіе „сифона“. Вода въ немъ буквально подымается вверхъ, и вслѣдствіе этого имъ можно воспользоваться, чтобы опорожнить сосудъ, не наклоня его и не продѣлывая въ немъ отверстія. Обычный способъ наполнить сифонъ заключается въ томъ, что его подвѣшиваютъ въ сосудъ съ водой и всасываютъ ртомъ воздухъ въ E или же предварительно вливаютъ въ него воду и спускаютъ въ сосудъ, закрывая одинъ конецъ пальцемъ.

Существуетъ еще третій способъ наполнить сифонъ водой: для этого можно воспользоваться капиллярнымъ притяженіемъ. Если поставить трубку B въ воду, такъ чтобы верхній край ея поднимался надъ водой, то вода внутри трубки будетъ стоять выше, чѣмъ внѣ ея. Это есть слѣд-

ствіе соединеннаго дѣйствія поверхностнаго натяженія воды и притяженія (прилипанія), которое твердое тѣло оказываетъ на всякую смачивающую его жидкость. Чѣмъ уже трубка, тѣмъ выше подымается вода внутри ея. Очень узкую трубку называютъ капиллярной трубкой или капилляромъ, т. е. волосной трубкой. Отсюда выраженіе „капиллярное притяженіе“. Если взять изогнутую капиллярную трубку (на рис. 22—*K*) и наполнить сосудъ, въ которомъ ее подвѣшиваютъ до достаточной высоты водой, то жидкость въ трубкѣ можетъ перейти на другую сторону сгиба благодаря капиллярному притяженію и затѣмъ вслѣдствіе дѣйствія собственнаго вѣса будетъ двигаться во внѣшнемъ колѣнѣ внизъ. Какъ только жидкость во внѣшнемъ колѣнѣ достигнетъ уровня воды въ сосудѣ, приборъ начнетъ дѣйствовать, какъ обыкновенный сифонъ съ очень узкимъ просвѣтомъ и большимъ треніемъ.

Кусокъ ткани или фитиль можно разсматривать, какъ совокупность очень тонкихъ капиллярныхъ трубокъ, такъ какъ оба они содержатъ большое количество близко лежащихъ другъ къ другу поверхностей. Дѣйствуя описаннымъ выше образомъ, эти послѣднія всасываютъ масло, поддерживая такимъ образомъ горѣніе. Если помѣстить кусокъ ткани, какъ показано въ *K*, такъ, чтобы одинъ конецъ его былъ погруженъ въ воду, наполняющую сосудъ почти цѣликомъ, а другой висѣлъ снаружи, то онъ можетъ дѣйствовать, какъ сифонъ. Если въ сосудѣ, доверху наполненномъ водой, находится множество бумажныхъ полосокъ, которыя свисаютъ наружу, то и такой приборъ дѣйствуетъ, какъ капиллярный сифонъ, и на столѣ вскорѣ образуется значительная лужица воды.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ жидкость течетъ вверхъ до нѣкоторой степени наперекоръ дѣйствію силы тяжести.

3. Возрастаніе вѣса безъ увеличенія массы.

Подъ вѣсомъ тѣла понимаютъ обыкновенно силу, притягивающую тѣло къ центру земли. Величиной этой „силы тяжести“ пользуются для измѣренія количества матеріи—массы тѣла. Чтобы произвести точное измѣреніе такого

рода, нужно тщательно принять во вниманіе географическую высоту мѣста, плотность среды (наприм. воздуха), въ которой происходитъ измѣненіе и т. д.

Другой способъ опредѣленія массы тѣла заключается въ томъ, что высчитываютъ энергію, съ которой ударяетъ движущееся тѣло, если его остановить. При этомъ, если желаютъ быть точнымъ, нужно принять въ расчетъ скорость, количество теплоты, которая развивается при ударѣ, сопротивленіе среды, въ которой происходитъ движеніе и многое другое. Этотъ способъ опредѣленія массы основанъ на томъ фактѣ, что всякое движущееся тѣло стремится сохранить направленіе и скорость своего движенія, если оно не встрѣчаетъ въ этомъ стремленіи препятствія со стороны сопротивленія воздуха, силы тяжести или другихъ причинъ. Если скорость и всѣ прочія условія движенія равны, то сила, съ которой тѣло сопротивляется остановкѣ движенія, пропорціональна числу мельчайшихъ частицъ, изъ которыхъ оно состоитъ, т. е. пропорціональна массѣ его. Это стремленіе тѣлъ противиться всякому измѣненію состоянія называютъ инерціей массы.

Такъ, при движеніи тѣла по окружности оно въ каждый данный моментъ стремится двигаться прямолинейно, а не продолжать свое прежнее круговое движеніе, и при томъ по направленію, которое математики называютъ направленіемъ касательной въ той точкѣ, въ которой оно находится въ данный моментъ.

Если, напримѣръ, тѣло, которое движется по кругу $ABCD$ (Рис. 23) въ направленіи часовой стрѣлки, находится въ A , то оно стремится двигаться дальше по направленію AE . Въ точкѣ B

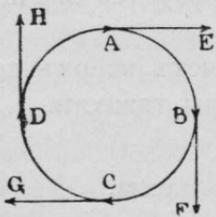


Рис. 23. Дѣйствіе „инерціи“.

оно стремится по направленію къ F , въ точкѣ C къ G , въ D къ H . Какъ извѣстно, это тѣ направленія, по которымъ отрываются частички вращающагося тѣла, напримѣръ, искры отъ точильнаго камня. Если тѣло движется отъ A къ E , то оно удаляется отъ центральной точки своего пути.

Слѣдовательно, оно должно постоянно притягиваться къ центру, если мы желаемъ, чтобы оно двигалось по круго-

вому пути. Это стремленіе тѣлъ, движущихся по кругу, удалиться отъ центра называютъ обыкновенно центробѣжной силой. При одинаковой скорости эта сила тѣмъ больше, чѣмъ меньше кругъ. На сколько значительна бываетъ эта центробѣжная сила, можно видѣть изъ того обстоятельства, что иногда точильные камни лопаются вслѣдствіе быстрого вращенія.

Существованіе центробѣжной силы весьма наглядно видно также на слѣдующемъ опытѣ. Берутъ кружку, бутылку или небольшое ведро, наполняютъ его до половины водой и размахиваютъ имъ, поднимая его все выше и выше, пока наконецъ оно не опишетъ полной окружности. Это можно продѣлать такъ, чтобы ни одна капля воды не вылилась на землю, такъ какъ центробѣжная сила прижимаетъ воду ко дну сосуда. Легче всего удается опытъ, если взять очень маленькую кружку или бутылку и раскачивать ее на шнуркѣ.

Вмѣсто шнурка можно употреблять и другіе способы, чтобы держать предметъ всегда на одинаковомъ разстояніи отъ центральной точки. Предметъ можно поставить на колеса и заставить его слѣдовать по внутренней сторонѣ кругового пути. Такой случай мы имѣемъ, на примѣръ, когда велосипедистъ показываетъ свое искусство и еще больше того смѣлость на такъ называемомъ „центробѣжномъ каткѣ“ (таблица I). Необходимую скорость онъ пріобрѣтаетъ, предварительно спускаясь съ крутой наклонной плоскости, которая лежитъ немного выше, чѣмъ тотъ кругъ, по которому онъ желаетъ ѣхать. Этого достаточно, чтобы велосипедъ катился по рельсамъ, находящимся съ внутренней стороны кругового пути. При этомъ велосипедистъ проѣзжаетъ высшую точку пути головой внизъ и ногами вверхъ. Одна только центробѣжная сила прижимаетъ его къ опрокинутому сидѣнію, но онъ можетъ быть спокоенъ, если всѣ приспособленія безупречны и самъ онъ владѣетъ своими нервами.

Если бы этотъ опытъ долженъ былъ служить только для нагляднаго объясненія научной истины, то цѣль будетъ такъ же хорошо достигнута, если замѣнить живого человека соломеннымъ чучеломъ. „Притягательная сила“ зрѣлища разумѣется значительно уменьшилась бы отъ этого.

Но центробѣжная сила находитъ себѣ гораздо болѣе полезныя примѣненія, а именно, ею пользуются для быстраго раздѣленія тѣлъ, которыя, правда, вслѣдствіе различнаго вѣса и сами отдѣляются другъ отъ друга, но значительно медленнѣе. Такимъ путемъ химикъ отдѣляетъ кристаллы и осадки отъ растворовъ, въ которыхъ они образуются; такимъ же образомъ освобождаютъ бѣлье отъ приставшей къ нему воды и отдѣляютъ сливки отъ болѣе тяжелой, водянистой части молока. Разница въ удѣльномъ вѣсѣ сливокъ и водянистой части молока не очень велика: отношеніе вѣсовъ равно приблизительно 9:10. Если поэтому оставить молоко стоять, то нужно много часовъ, пока мельчайшія капельки жира, разсѣяныя въ молоко, частью соберутся сверху въ видѣ сливокъ.

Предположимъ, на примѣръ, что въ извѣстномъ количествѣ молока находится 9 гр. сливокъ, тогда вѣсъ вытѣсненной сливками водянистой части будетъ 10 гр., и „вы-

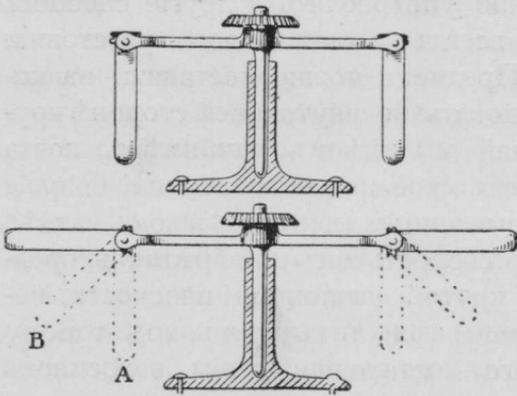


Рис. 24. Центробѣжный сепараторъ.

талкивающая сила“, т. е. причина поднятія сливокъ равна 1 гр. Если бы сдѣлать обѣ части въ 1000 разъ тяжелѣе такъ, что сливки, слѣдовательно, будутъ вѣсить 9 килограмм., а вытѣсненная часть молока 10 килограмм., то „выталкивающая сила“ была бы равна 1 килограмму.

Эта именно задача практически осуществлена въ центробѣжномъ сепараторѣ¹⁾. Простая форма сепаратора, пригодная для лабораторныхъ цѣлей, представлена на рис. 24. Рама съ 6—10 плечами вращается горизонтально съ большою скоростью при помощи особаго приспособленія, не изображеннаго на рисункѣ. На концѣ каждого плеча находится вращающееся кольцо. Въ эти кольца вставляются

¹⁾ Сепараторъ—разъединитель.

трубки, содержащія вещества, которыя надо „центрофугировать“. Чтобы избѣжать колебаній прибора, нужно уравновѣсить противоположныя плечи одинаковыми вѣсами жидкости.

При вращеніи этого аппарата подъ дѣйствіемъ центробѣжной силы трубки отклоняются отъ своего первоначальнаго положенія *A* кнаружи. Когда онѣ приходятъ въ *B*, гдѣ образуютъ съ первоначальнымъ направлениемъ уголъ въ 45° и оказываются такимъ образомъ посрединѣ между вертикальнымъ и горизонтальнымъ положеніемъ, то сила тяжести, дѣйствующая по вертикальному направленію, равна по величинѣ горизонтально дѣйствующей центробѣжной силѣ. Такимъ образомъ всякій граммъ массы внутри трубки, кромѣ своего вѣса въ 1 граммъ, которымъ онъ обязанъ силѣ тяжести, еще, такъ сказать, пріобрѣтаетъ 1 гр. „горизонтальнаго вѣса“, благодаря дѣйствію центробѣжной силы.

Центробѣжная сила пропорціональна квадрату скорости. Такимъ образомъ, если машина вращаетъ трубки вдвое быстрѣе, то развивается четверо большая центробѣжная сила; каждый граммъ массы пріобрѣтаетъ теперь 4 гр. „горизонтальнаго вѣса“; при удесятенной скорости каждый граммъ пріобрѣтаетъ 100 гр. „горизонтальнаго вѣса“ и т. д. Такимъ путемъ небольшая первоначальная разница въ вѣсѣ двухъ тѣлъ въ такой трубкѣ обуславливаетъ при достаточно быстромъ вращеніи прибора весьма значительную разницу въ центробѣжномъ вѣсѣ тѣлъ, и болѣе тяжелое скоро собирается на наружномъ концѣ трубки, т. е. на днѣ ея.

Въ машинахъ, основанныхъ на этомъ принципѣ и отличающихся отъ нашего прибора лишь отдѣльными деталями, ежедневно центрофугируются большія количества молока. водянистая часть молока гонится при этомъ во внѣшнія части сепаратора, между тѣмъ какъ болѣе легкія сливки собираются вблизи середины. Подобнымъ же пріемомъ пользуются въ большихъ прачечныхъ, чтобы быстро удалить воду изъ мокраго бѣлья. На пасѣкахъ такимъ способомъ извлекаютъ медъ изъ ячеекъ пчелиныхъ сотъ, не разрушая этихъ послѣднихъ, какъ это было прежде, когда ихъ разрѣзали и раздавливали.

4. Отталкиваніе и притяженіе, вызываемыя одной и той же причиной.

Если продѣлать въ паровой трубкѣ, соединенной съ паровымъ котломъ, очень узкое отверстіе, то паръ будетъ выходить изъ него въ видѣ тонкаго луча. Сжатый паръ вступаетъ во внутренній конецъ отверстія съ извѣстной скоростью (около 400 м. въ секунду); двигаясь вдоль узкаго канала, онъ расширяется. Но если 2 литра вещества должны пройти черезъ нѣкоторое отверстіе за такое же время, какъ и 1 литръ, то ясно, что каждая частичка двухъ литровъ должна двигаться вдвое быстрее каждой частички одного литра. Такъ какъ каждый объемъ пара, проходя черезъ отверстіе, расширяется вдвое или болѣе, при чемъ высокое давленіе, подъ которымъ паръ находился въ котлѣ, постепенно понижается до атмосфернаго давленія, то паръ при выходѣ изъ отверстія, обладаетъ слѣдовательно скоростью приблизительно въ 1000 метровъ въ секунду. Паръ, движущійся съ такой быстротой, въ состояніи совершить довольно значительную работу, какъ это видно изъ факта вращенія турбинъ такими паровыми лучами.

Нашъ рисунокъ (рис. 25) показываетъ другой способъ, какимъ можетъ быть обнаружена рабочая сила пара. Конецъ паровой трубки *A* закрытъ металлической крышкой,

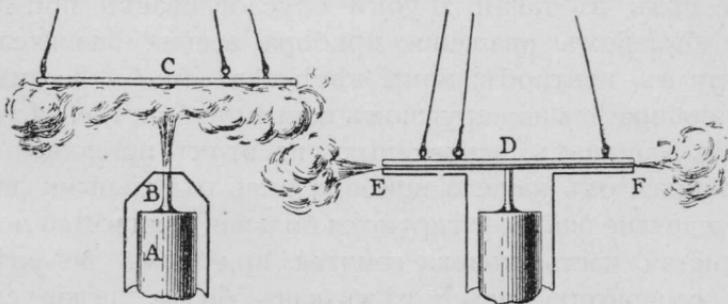


Рис. 25. Притяженіе и отталкиваніе при помощи парового луча.

которая въ *B* снабжена маленькимъ отверстіемъ. Когда лучъ пара встрѣчаетъ препятствіе, онъ съ силой гонитъ его передъ собой. Лучъ пара подталкиваетъ, на примѣръ,

вверхъ легкую пластинку, подвѣшенную надъ лучемъ въ C , т. е. сравнительно далеко отъ B , и мѣшаетъ ей упасть.

Вообразимъ теперь, что приборъ измѣненъ слѣдующимъ образомъ. Конецъ паровой трубки расширяется въ плоскую пластинку EF , просверленную по серединѣ. Предположимъ еще, что подвижная пластинка D подвѣшивается на очень незначительномъ разстояніи отъ EF . Когда затѣмъ выпускаютъ лучъ пара, то оказывается, что верхняя пластинка вмѣсто того, чтобы отталкиваться, теперь до извѣстной степени притягивается нижней. Необходима значительная сила, чтобы удалить верхнюю пластинку отъ нижней.

Какимъ образомъ возможно, чтобы одинъ и тотъ же лучъ пара производилъ два совершенно противоположныхъ дѣйствія? Чтобы объяснить это, нужно прежде всего принять во вниманіе, что въ первомъ случаѣ давленіе пара при прохожденіи его черезъ узкій выводной каналъ постепенно уменьшается, пока оно сейчасъ же по выходѣ пара изъ трубки не становится равнымъ давленію воздуха. Все дѣйствіе расширяшагося такимъ образомъ пара должно быть отнесено на счетъ большой скорости его частичекъ. Во второмъ же случаѣ верхняя пластинка лежитъ такъ близко къ нижней, что мы можемъ допустить, что въ выводномъ каналѣ и непосредственно надъ нимъ продолжаетъ господствовать то же высокое давленіе, которое имѣетъ мѣсто въ паровомъ котлѣ. Но сейчасъ же вокругъ выводного канала паръ расширяется, и давленіе его становится одинаковымъ съ давленіемъ атмосфернаго воздуха. Въ то время какъ въ первомъ случаѣ паръ имѣетъ возможность расширяться по всѣмъ направленіямъ и можетъ поэтому сохранить первоначальное направленіе движенія BC главной массы пара,—во второмъ случаѣ онъ до тѣхъ поръ, пока пластинка D не удалена, находитъ себѣ выходъ лишь по направленіямъ параллельнымъ пластинкѣ EF . Правда, и въ этомъ случаѣ паръ при выходѣ изъ отверстія сообщаетъ толчокъ пластинкѣ. Но непосредственно онъ ударяетъ лишь объ очень небольшую часть пластинки, и въ виду „инерціи“ пластинки не можетъ поднять ее на значительную высоту. Это вліяніе инерціи легко прослѣдить, если мы станемъ ударять молоткомъ очень быстро и сильно объ открытую и легко пово-

рачивающуюся дверь—во избѣжаніе непріятностей не слѣдуетъ для этого пользоваться комнатной дверью; въ такомъ случаѣ легче разбить дверь вдребезги, чѣмъ заставить ее удалиться на сколько-нибудь значительное разстояніе отъ ея первоначальнаго положенія. Вслѣдствіе этого и паръ въ первую минуту послѣ своего выхода не отодвинетъ на значительное разстояніе верхнюю пластинку. Но въ слѣдующій моментъ онъ расширяется въ стороны и почти совершенно заполняетъ весь узкій промежутокъ между обѣими пластинками.

Теперь слѣдуетъ замѣтить, что когда паръ переходитъ отъ средней точки пластинки къ ея краямъ, объемъ, который онъ въ состояніи занять, растетъ чрезвычайно быстро. Мы можемъ наглядно представить себѣ это, если построимъ на одной изъ круглыхъ пластинокъ вокругъ ея центра большое число концентрическихъ окружностей и затѣмъ проведемъ два радіуса, образующихъ между собой небольшой уголъ. Ограниченный радіусами секторъ расширяется по направленію отъ центра кнаружи, какъ это показываютъ различной величины секторы концентрическихъ круговъ. Небольшое количество пара, расположенное у самаго центра пластинокъ между обоими радіусами, встрѣчаетъ, подвигаясь кнаружи, все увеличивающійся объемъ, и вслѣдствіе этого постоянно расширяется, занимая все болѣйшій объемъ. Большая скорость его мельчайшихъ частичекъ при этомъ, разумѣется, не измѣняется, такъ что и расширившійся паръ все еще въ состояніи не допускать воздухъ въ пространство между пластинками, но по мѣрѣ расширенія пара уменьшается его давленіе на пластинку. Въ то время какъ верхняя пластинка испытываетъ посрединѣ давленіе, значительно превышающее давленіе атмосферы, давленіе пара по мѣрѣ его вытеканія наружу вскорѣ уменьшается до степени атмосфернаго давленія. Вслѣдствіе равномернаго уменьшенія давленія по всѣмъ сторонамъ то мѣсто, гдѣ наступаетъ это равенство давленій, отмѣчено одной изъ концентрическихъ окружностей. Снаружи отъ этого круга давленіе чѣмъ далѣе, тѣмъ все ниже становится атмосфернаго давленія, пока наконецъ на краю, гдѣ паръ смѣшивается съ воздухомъ, почти внезапно вновь не возрастаетъ до величины атмосфернаго давленія.

Если та часть подвижной пластинки, на которую приходится „давленіе ниже атмосфернаго“, значительно превосходить ту, которая испытываетъ „давленіе выше атмосфернаго“, то, какъ мы видимъ, пластинка подъ дѣйствіемъ давленія внѣшняго воздуха должна двигаться по направленію къ неподвижной пластинкѣ.

Такимъ путемъ получается парадоксальный результатъ, заключающійся въ томъ, что если пластинки сначала находятся на замѣтномъ разстояніи другъ отъ друга, то необходимо сильное давленіе, чтобы приблизить ихъ другъ къ другу, если же онѣ съ самаго начала лежатъ одна на другой, то приходится употребить значительную силу, чтобы оторвать ихъ другъ отъ друга.

Для тѣхъ читателей, которые не имѣютъ возможности получить вышеописанную струю пара, слѣдуетъ замѣтить, что явленіе это можетъ быть обнаружено также при помощи струи воздуха. Изъ толстой папки или тонкаго дерева готовятъ двѣ круглыя пластинки, имѣющія 15 сант. въ поперечникѣ. Въ одной изъ нихъ прорѣзываютъ посрединѣ круглое отверстіе, имѣющее отъ 4 до 5 миллиметровъ въ поперечникѣ. Чтобы удобно было пропускать черезъ отверстіе струю воздуха, укрѣпляютъ посрединѣ пластинки съ отверстіемъ перпендикулярно къ ней стеклянную трубку приблизительно въ 5 миллим. ширины. Это удастся очень легко, если пробуравить въ обыкновенной или резиновой пробкѣ отверстіе такой величины, чтобы стеклянная трубка какъ разъ въ него входила, и затѣмъ укрѣпить эту пробку на пластинкѣ при помощи клея, сургуча и т. п. Затѣмъ пластинку ставятъ на подходящей подставкѣ такимъ образомъ, чтобы поверхность ея заняла вертикальное положеніе, а стеклянная трубка легла горизонтально. Это лучше всего удастся, если зажать трубку въ приспособленные для этой цѣли тиски или прикрѣпить ее проволокой къ вертикальному стержню. Другую пластинку безъ отверстія подвѣшиваютъ на двухъ нитяхъ, которыя прикрѣпляются на разстояніи 3—4 сантим. другъ отъ друга къ краю пластинки (напримѣръ, при помощи сургуча). Висящія и неподвижно установленныя пластинки должны быть приблизительно параллельны другъ другу. Сначала вѣша-

ють свободную пластинку на разстояніи $1\frac{1}{2}$ — 2 сантим. отъ неподвижной пластинки. Если сильно вдуть воздухъ черезъ стеклянную трубку, то свободная пластинка отталкивается. Если же сблизить обѣ пластинки такъ, чтобы онѣ оказались на разстояніи одного сантиметра другъ отъ друга или менѣе того, то ясно видно, какъ свободная пластинка притягивается къ неподвижной.

У. Неправильныя примѣненія закона рычага.

1. Мнимыя преимущества ломаннаго велосипеднаго шатуна.

Изъ всѣхъ частей велосипеда ни одна не занимала въ такой мѣрѣ изобрѣтателей, какъ шатунъ и его движенія. Было сдѣлано безчисленное множество изобрѣтеній, ставившихъ себѣ цѣлью путемъ особаго приспособленія сообщать ногѣ другое движеніе взамѣнъ простаго круговаго. При этомъ преслѣдовались главнымъ образомъ двѣ цѣли: во первыхъ, увеличить плечо рычага, на которое нога опирается, и во вторыхъ уменьшить длину пути, проходимаго ногой. Чтобы достигнуть послѣдняго, часто пытались помѣщать педаль такъ, чтобы при поднятіи она была ближе къ оси шатуна, чѣмъ при опусканіи.

Одинъ изобрѣтатель, модель котораго авторъ этой книги видѣлъ на одной выставкѣ, пробовалъ разрѣшить вопросъ объ увеличеніи того плеча рычага, на которое давить нога, безъ ненужнаго увеличенія длины пути, проходимаго ногою, при помощи приспособленія значительно болѣе простаго, (по его мнѣнію), чѣмъ предложенные до сихъ поръ сложные механизмы. Его шатунъ изображенъ на рис. 26. *С* представляетъ мѣсто прикрѣпленія педали, положенія маховаго колеса и цѣпи указаны пунктирными линіями. Разстояніе *АС* равно длинѣ обыкновеннаго прямого шатуна. Соображенія изобрѣтателя сводились къ слѣдующему. Во первыхъ: если длина части шатуна *АВ* больше длины обыкновеннаго шатуна (*АС*), то при помощи помѣщенной въ *В* педали вращательная сила ноги можетъ быть лучше использована. Но при этомъ ногѣ пришлось бы пройти чрезъ

вычайно длинный путь, а именно окружность радиуса AB ; поэтому отрезок BC придевается под острым углом къ AB , такъ что укрѣпленная въ C педаль можетъ находиться на обычномъ разстояніи отъ оси. Во вторыхъ, уголъ ABC долженъ быть такимъ, чтобы въ то время какъ плечо AB начинаетъ наиболѣе важную часть своего пути, плечо BC стояло вертикально, и поэтому направленное внизъ давленіе ноги (въ C) непосредственно и цѣликомъ могло бы передаваться въ B , гдѣ оно вращало бы плечо AB съ такой же силой, какъ если бы педаль находилась въ B .

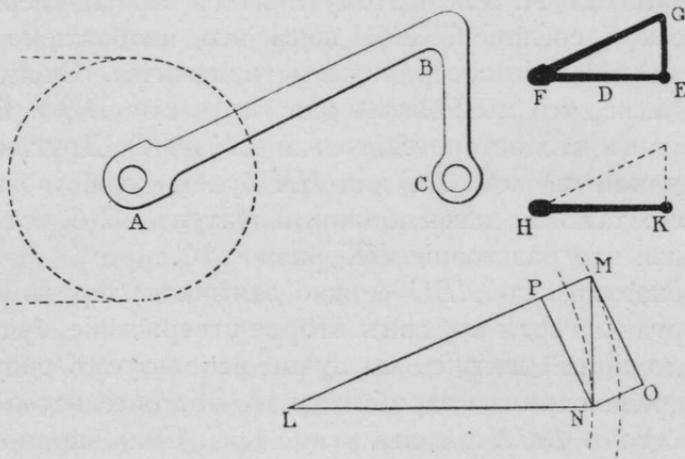


Рис. 26. Ломанный шатунъ.

Для тѣхъ, кто обладаетъ нѣкоторымъ пониманіемъ механики или имѣетъ нѣкоторыя практическія свѣдѣнія относительно механическихъ приспособленій, обманчивость этихъ утверждений слишкомъ очевидна, чтобы она нуждалась еще въ доказательствѣ. Большинству же слѣдующее разсужденіе покажетъ, что доводы изобрѣтателя противорѣчатъ здравому человѣческому смыслу.

Дѣйствіе плеча рычага опредѣляется его длиной, т. е. въ нашемъ случаѣ разстояніемъ между осью шатуна и педалью. Форма плеча рычага не вліяетъ на дѣйствіе силы, по крайней мѣрѣ до тѣхъ поръ, пока плечо достаточно прочно, чтобы не согнуться. Оно можетъ быть совершенно прямымъ, какъ въ обыкновенномъ велосипедѣ; оно можетъ быть изогнуто въ видѣ буквы S , какъ это часто встрѣчается

въ шатунахъ точильныхъ камней на станкахъ странствующихъ точильщиковъ; или же оно можетъ имѣть видъ круга, какъ это часто видно на кранахъ, съ помощью которыхъ поднимаютъ тяжести на бортъ парохода. Форма не играетъ никакой роли для плеча рычага, къ которому приложена сила; длина его всегда равна разстоянію точки приложенія силы (педали) отъ оси вращенія.

Разсмотримъ теперь и ломанный шатунъ нашего изобрѣтателя. Въ виду того, что онъ сдѣланъ изъ твердаго металла, C всегда будетъ находиться на одномъ и томъ же разстояніи отъ A . Мы поэтому можемъ ввести твердое металлическое соединеніе AC , какъ это изображено въ D , при чемъ дѣйствіе совершенно не измѣнится. Отсюда слѣдуетъ далѣе, что мы можемъ удалить части AB и BC (SF и GE), такъ что останется только EF (HK). Другими словами прямой рычагъ AC или HK будетъ дѣйствовать совершенно такъ же, какъ ломанный шатунъ ABC , если предположить, что разстояніе HK равно AC .

Доказавъ, что ABC можно замѣнить черезъ AC , мы опровергли вмѣстѣ съ тѣмъ второе утвержденіе, будто при мѣня ломанный шатунъ мы лучше используемъ силу ноги. Все же разсмотримъ подробнѣе и это обстоятельство. Пусть будетъ уголь LMN равенъ углу ABC . Сила, приложенная въ N , имѣетъ вертикальное направленіе и передается въ M посредствомъ MN . Пусть величина этой силы изображается отрѣзкомъ MN , пусть LN лежитъ горизонтально, и уголь LMN поэтому прямой. Ошибка въ разсужденіи нашего изобрѣтателя заключается въ томъ, что онъ считаетъ, будто направленіе MN , въ которомъ приложена сила, совпадаетъ съ направленіемъ движенія. Но на самомъ дѣлѣ это направленіе опредѣляется касательной MO . Вслѣдствіе этого далеко не вся изображаемая отрѣзкомъ MN сила затрачивается на вращеніе.

Чтобы найти, какая часть ея тратится на это, строить „параллелограммъ силъ“, проводя черезъ N прямыя параллельныя MO и PM . Тогда видно, что сила MN въ M разлагается на двѣ силы, изъ которыхъ одна, изображаемая по величинѣ и направленію отрѣзкомъ PM , уничтожается давленіемъ твердаго шатуна, а другая, изображаемая отрѣз-

комъ MO , затрачивается въ M на вращеніе шатуна. Но MO , какъ катетъ прямоугольнаго треугольника меньше MN (гипотенузы); такимъ образомъ мы видимъ, что изобрѣтатель не правъ, когда полагаетъ, что сила MN использована полностью.

Представимъ себѣ, что сила не переносится вдоль части шатуна MN изъ N въ M , а замѣнимъ, какъ мы это уже дѣлали, ломанный шатунъ прямолинейнымъ LN , къ концу котораго N приложена сила MN ; въ такомъ случаѣ направленіе силы во всякомъ случаѣ совпадаетъ съ направленіемъ касательной, и сила (при горизонтальномъ положеніи LN), используется цѣликомъ. Но теперь она приложена къ болѣе короткому плечу рычага LN , и поэтому кажущійся выигрышъ силы снова теряется. Будетъ ли давленіе ноги приложено непосредственно въ N къ прямому шатуну LN или же оно передается въ точку M плечу LM , оно въ обоихъ случаяхъ оказываетъ совершенно одинаковое дѣйствіе; безразлично, прилагается ли полная сила MN къ болѣе короткому плечу рычага или меньшая сила къ болѣе длинному плечу.

И все же изобрѣтатель, экспонировавшій этотъ шатунъ, могъ опубликовать благоприятные печатные отзывы людей, которые пользовались ломаннымъ шатуномъ и доказывали, что при помощи этого приспособленія они получили при ѣздѣ значительный выигрышъ силы, такъ что имъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ удавалось взбираться на такія возвышенія, на которыя они раньше безуспѣшно пробовали подниматься. Чѣмъ объясняется это противорѣчіе? Отчасти тѣмъ, что условія во время опыта были исключительно благоприятны. Велосипедъ былъ, быть можетъ, новымъ и болѣе совершеннымъ въ другихъ отношеніяхъ. Дороги были, можетъ быть, болѣе гладкими, твердыми и чистыми, чѣмъ обыкновенно. Вѣтеръ также могъ быть болѣе благоприятнымъ, и на это не обратили достаточно вниманія, или же, наконецъ, ѣздокъ какъ разъ въ это время былъ сильнѣе, чѣмъ прежде.

Но болѣе важное значеніе, чѣмъ всѣ эти причины, имѣло, вѣроятно, душевное состояніе ѣздока и вліяніе этого состоянія на тѣлесныя силы. Онъ заинтересовался новымъ

открытіемъ, онъ надѣялся, что оно знаменуетъ собой нѣкоторый прогрессъ. Можетъ быть, онъ высказался уже въ пользу этого открытія по теоретическимъ соображеніямъ; онъ надѣялся, что оно окажется очень полезнымъ и ревностно старался оправдать свое мнѣніе на практическомъ опытѣ. Воодушевляемый всѣмъ этимъ, онъ дѣйствительно былъ способенъ къ болѣе рѣшительнымъ и продолжительнымъ усиліямъ, и такимъ образомъ взобрался на холмъ, который до тѣхъ поръ былъ недоступенъ ему.

Вліяніе духа на тѣло общеизвѣстно, и то, что мы сейчасъ узнали, представляетъ лишь новый примѣръ этого. Ыздокъ не понимаетъ, что причина, вслѣдствіе которой его силы возрасли, имѣетъ психологическую, а не механическую природу характера, а изобрѣтатель пожинаетъ плоды этого смѣшенія. Не будемъ ему въ этомъ завидовать! Прибыль изобрѣтателя въ общемъ достаточно ничтожна.

2. Мельница, которая постоянно вертится.

Въ послѣдней главѣ былъ приведенъ примѣръ стремленій изобрѣтателей увеличить человѣческую силу, не прибѣгая къ помощи внѣшняго источника силы. Другой излюбленный опытъ заключается въ томъ, чтобы создать силу тамъ, гдѣ ея прежде не было. Обѣ проблемы означаютъ въ сущности одно и то же, ибо сдѣлать 2 фунта свинца изъ одного такъ же трудно, какъ одинъ фунтъ изъ ничего.

Нѣкоторые изобрѣтатели, дѣйствительно, поставили себѣ задачу такого рода, и одинъ изъ нихъ считаетъ, что разрѣшилъ ее, построивъ колесо, которое безъ видимаго внѣшняго воздѣйствія должно постоянно вращаться, такъ какъ сила тяжести на одной сторонѣ прилагается къ болѣе длинному плечу рычага, чѣмъ на другой сторонѣ.

Рис. 27 представляетъ такого рода приборъ; принципъ, на которомъ онъ основанъ, повторяется во многихъ другихъ изобрѣтеніяхъ, на которые взяты были (въ Англии) патенты. Колесо снабжено извѣстнымъ числомъ двучленныхъ спиць. Внѣшняя вращающаяся часть (*EG*) можетъ вращаться лишь въ одну сторону отъ внутренней части *OE*, какъ это видно въ *TS* и *FK*. На концѣ каждой спицы находится грузъ. Съ той стороны, гдѣ спицы по

дымаются (на рис. 27 слѣва), внѣшнія части висятъ внизъ; когда же плечи начинаютъ спускаться на другой сторонѣ внизъ и переходятъ немного за положеніе KF , то конечныя части перебрасываются на другую сторону (EG , DH). Такимъ образомъ съ правой стороны грузы приложены къ болѣе длиннымъ плечамъ рычага (напр. EG), чѣмъ слѣва, (напр. OA). Грузы справа имѣютъ большую вращательную силу, чѣмъ слѣва, и благодаря этому колесо вращается по направленію стрѣлокъ. Конечно, часть избытка силы тратится на преодоленіе тренія, остальная же часть можетъ быть отведена съ помощью блока O и приводного ремня и употреблена на полезную работу.

Все это звучитъ весьма правдоподобно. Все же здѣсь несомнѣнно кроется грубая ошибка въ примѣненіи закона рычага. Это можно обнаружить даже при помощи совершенно общаго разсужденія.

Предполагаемый избытокъ силъ машины обуславливается, какъ утверждаютъ, энергіей падающаго груза. Но прежде, чѣмъ грузъ можетъ перемѣститься отъ самой высокой точки своего пути до самой низкой, онъ долженъ съ другой стороны своего пути пройти разстояніе отъ низшей точки до наивысшей. При поднятіи грузъ расходуетъ столько же энергіи, сколько разви-

вается при паденіи. Такимъ образомъ избытокъ энергіи ни коимъ образомъ не можетъ получиться. Даже ничтожная потеря энергіи на преодоленіе тренія не можетъ быть возмѣщена. Колесо ни въ коемъ случаѣ не можетъ само вращаться, если же при помощи внѣшней силы привести его въ движеніе, то вслѣдствіе тренія оно вскорѣ снова остановится.

Это вполнѣ общее доказательство того, что въ разсужденіяхъ изобрѣтателя должна заключаться ошибка. Но этотъ послѣдній не будетъ удовлетворенъ сужденіемъ, осно-

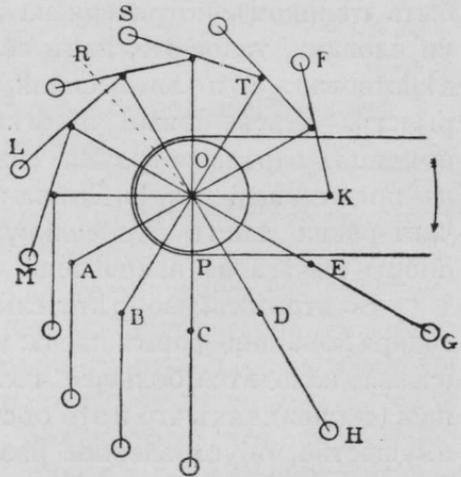


Рис. 27. Perpetuum mobile.

ванными на общихъ положеніяхъ, такъ какъ онъ будетъ думать, что критикъ такъ же легко могъ ошибаться при ихъ примѣненіи къ частнымъ случаямъ, какъ и онъ. Мы, слѣдовательно, должны еще показать, въ какихъ именно отдѣльныхъ пунктахъ изобрѣтатель неправильно понялъ законы механики и ошибочно ихъ примѣнилъ.

Прежде всего мы имѣемъ дѣло съ неправильнымъ пониманіемъ длины плечъ рычага. Сила тяжести, направленная вертикально, лишь въ томъ случаѣ приложена подъ прямымъ угломъ къ плечу рычага, когда это послѣднее горизонтально. Лишь въ такомъ случаѣ направленіе ея совпадаетъ съ направленіемъ касательной къ круговому пути, проходимоу концомъ плеча рычага и, слѣдовательно, лишь въ этомъ случаѣ ее можно использовать цѣликомъ. Когда плечи стоятъ наклонно, какъ въ *OG*, сила тяжести не можетъ быть цѣликомъ потрачена на вращеніе. Дѣйствіе ея, другими словами, такое же, какъ если бы соотвѣтствующій грузъ дѣйствовалъ съ полной силой, но на болѣе короткое плечо рычага. Здѣсь можно примѣнить то же разсужденіе съ помощью параллелограмма силъ, которое было приведено въ предыдущей главѣ. Длина этого укороченнаго плеча рычага равна длинѣ перпендикуляра, опущеннаго изъ точки опоры рычага на направленіе силы.

Во вторыхъ, изобрѣтатель упустилъ изъ виду, что благодаря ломанной формѣ плечъ на восходящей сторонѣ колеса (слѣва) находится большее число грузовъ, чѣмъ на нисходящей (справа), такъ что и это обстоятельство уничтожаетъ преимущество, обусловленное различіемъ длинъ плечъ рычага. Въ самомъ дѣлѣ, слѣва дѣйствуютъ 7 грузовъ, а справа лишь 4.

Такимъ образомъ изобрѣтатель долженъ будетъ отказаться отъ своихъ сомнѣній относительно правильнаго примѣненія нашего общаго принципа, и ему придется согласиться съ нами, что грузы, двигаясь по одной сторонѣ внизъ, могутъ совершать не больше работы, чѣмъ было потрачено до того при ихъ поднятіи съ другой стороны на ту же высоту. Ожидать большаго отъ машины также неразумно, какъ надѣяться, что изъ бутылки можно будетъ получить больше воды, чѣмъ въ нее влили.

ВТОРАЯ ЧАСТЬ.

Парадоксальныя явленія изъ ученія о внутреннихъ физическихъ состояніяхъ.

I. Замерзаніе и таяніе.

1. Таяніе льда, сопровождающееся пониженіемъ его температуры.

Конькобѣжцы знаютъ, какъ быстро таетъ ледъ, когда вѣтеръ, мѣняя направленіе и становясь теплымъ, доставляетъ льду тепло. Путешествующіе въ арктическихъ странахъ часто вынуждены добывать воду для питья, ставя сосудъ со льдомъ на огонь. Эти примѣры показываютъ, какъ плавится ледъ при сообщеніи ему тепла. Но ледъ можно расплавить и безъ затраты тепла, болѣе того, при пониженіи его температуры. Какимъ же образомъ возможно расплавить ледъ безъ тепла? Собственно говоря, и въ этомъ случаѣ плавленіе льда не обходится безъ тепла, но оно происходитъ безъ притока тепла извнѣ. Для плавленія всегда необходимо тепло; но самъ ледъ доставитъ тепло, необходимое для его плавленія. Что ледъ въ состояніи доставлять тепло, это можетъ на первый взглядъ показаться весьма парадоксальнымъ. Однако, хотя ледъ холоденъ, тѣмъ не менѣе онъ все же не лишень тепла. Когда я утверждаю, что онъ холоденъ, то я этимъ лишь говорю, что въ немъ меньше тепла, чѣмъ въ моемъ тѣлѣ, и отнюдь не хочу этимъ сказать, что онъ совершенно лишень тепла. Во всѣхъ извѣ-

стныхъ намъ предметахъ есть теплота; она имѣется и въ тѣхъ тѣлахъ, которыя мы называемъ холодными или прохладными—только въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ въ тѣхъ, которыя мы называемъ теплыми или горячими. Такимъ образомъ, чтобы сдѣлать ледъ холоднѣе, намъ нужно поставить его въ такія условія, чтобы онъ отдалъ часть своей теплоты. Но тепло есть видъ энергіи, который способенъ переходить въ различные другіе виды энергіи. Тепло переходитъ въ свѣтъ, электричество, магнетизмъ; оно способно вызывать химическія соединенія и разложенія, ожиженіе, парообразованіе и механическое движеніе. Последнее имѣетъ мѣсто въ нашихъ паровыхъ машинахъ, которыя суть не что иное, какъ приспособленія для превращенія тепловой энергіи въ энергію движенія. Отнять отъ тѣла тепло значитъ уменьшить его энергію, т. е. заставить его совершить нѣкоторую работу. Такимъ образомъ для насъ пока ясно слѣдующее: когда ледъ плавится, не получая извнѣ тепла или другой какой-нибудь энергіи, когда онъ, слѣдовательно, отнимаетъ отъ самого себя необходимую для таянія энергію, то въ немъ остается меньше энергіи, и эта потеря энергіи можетъ выразиться въ потерѣ тепла, т. е. въ пониженіи теплого состоянія, измѣряемаго термометромъ, или въ пониженіи температуры.

Теперь возникаетъ вопросъ: какимъ же образомъ заставляютъ ледъ таять безъ притока тепла? Чтобы достигнуть этого, пользуются тѣмъ обстоятельствомъ, что насыщенный растворъ соли замерзаетъ не при $0^{\circ} C$, какъ чистая вода, а почти при $-18^{\circ} C$. Такимъ образомъ можно понизить точку плавленія льда прибавленіемъ къ нему соли, или другими словами, смѣсь воды и соли не можетъ находиться въ твердомъ состояніи при температурѣ выше $-18^{\circ} C$. Слѣдовательно, при смѣшеніи воды въ твердомъ состояніи, т. е. льда при 0° съ солью, часть смѣси должна обратиться въ жидкость. А такъ какъ для этого необходима энергія, то затрачивается часть тепла самой смѣси; поэтому въ нерастаявшемъ льдѣ остается меньше теплоты—онъ становится холоднѣе.

Какъ сильно охлаждается смѣсь изъ льда и соли, видно изъ образованія толстаго слоя инея на внѣшней поверх-

ности стѣнокъ сосуда, въ которомъ производится смѣшеніе. Какъ это объяснить? Когда въ сосудѣ находится ледъ при $0^{\circ} C$ или ледяная вода, то можно часто замѣтить, что на наружной поверхности сосуда образуется роса. Это влага окружающаго воздуха, который охлаждается холоднымъ сосудомъ и выдѣляетъ вслѣдствіе этого часть своей влаги на стѣнкахъ сосуда. Такъ какъ наша смѣсь льда и соли могла уже достигнуть температуры $-18^{\circ} C$, то понятно, почему пары воды, содержащіяся въ воздухѣ, осѣдаютъ не въ жидкомъ состояніи, а непосредственно въ видѣ тонкихъ ледяныхъ иголокъ, т. е. въ видѣ инея.

Когда Фаренгейтъ впервые произвелъ этотъ опытъ (съ нашатыремъ вмѣсто поваренной соли) и открылъ, какой сильный холодъ былъ вызванъ этимъ, то онъ подумалъ, что дошелъ до самой низкой температуры, какая только можетъ быть достигнута. По этой именно причинѣ онъ и обозначилъ на своей термометрической шкалѣ эту температуру нулевой точкой, между тѣмъ какъ Цельсій, какъ извѣстно, обозначилъ нулемъ точку замерзанія воды (точку таянія льда). Промежутокъ между точкой кипѣнія и точкой замерзанія Фаренгейтъ раздѣлилъ на 180 равныхъ частей (градусовъ), Цельсій же — на 100 частей. Отсюда понятно, почему точка кипѣнія на термометрѣ Цельсія обозначена числомъ 100, на термометрѣ Фаренгейта числомъ 212, а точка замерзанія на термометрѣ Фаренгейта — числомъ 32.

Въ настоящее время мы знаемъ, что Фаренгейтъ ошибся, допустивъ, что онъ получилъ самую низкую температуру, какая можетъ быть достигнута. Ибо въ жидкомъ воздухѣ мы имѣемъ температуру $-200^{\circ} C$ ($= -328^{\circ} F$), а жидкій и твердый водородъ еще холоднѣе.

Тѣмъ не менѣе температура $-18^{\circ} C$ ($= 0^{\circ} F$) это весьма чувствительный холодъ. Поэтому посыпаніе мостовыхъ солью для удаленія льда и снѣга является весьма неудовлетворительнымъ средствомъ. Правда, этимъ достигается то, что ледъ таетъ даже при температурахъ ниже 0° . Но при этомъ ледъ расходуетъ столько собственной теплоты, что ногамъ людей и лошадей становится чрезвычайно холодно.

2. Плавленіе льда безъ притока тепла и безъ пониженія температуры.

Есть еще и третій способъ плавить ледъ,—именно при помощи давленія. Еслибъ мы были достаточно сильны, то мы могли бы рукою сдвинуть кусокъ льда и получить воду. Но такъ какъ мы этого сдѣлать не въ состояніи, то намъ приходится прибѣгать къ механическимъ средствамъ.

На рис. 28 *A* изображаетъ металлическую трубку съ очень толстыми стѣнками, снабженную внутри винтовой нарѣзкой и запираемую двумя винтами *BC* и *DE*. *F* есть металлическій шаръ, остальное пространство *CD* наполнено

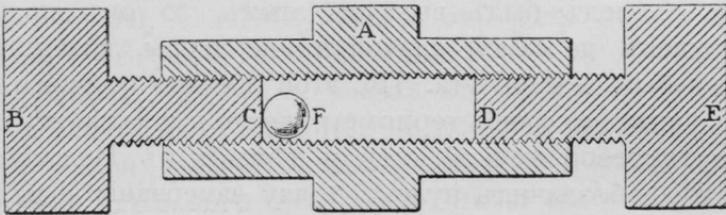


Рис. 28. Плавленіе льда посредствомъ давленія.

водой. Приборъ ставится вертикально (концомъ *B* книзу, а концомъ *E* кверху) въ охлаждающую смѣсь изъ льда (или снѣга) и поваренной соли. Шаръ, конечно, лежитъ внизу въ водѣ у точки *C*. Когда вода замерзнетъ, то шаръ, слѣдовательно, крѣпко вмерзнетъ въ ледъ; въ этомъ можно легко убѣдиться, открывъ трубку.

Вставивъ затѣмъ снова винтъ, переворачиваемъ трубку другимъ концомъ (*B*) вверху и при помощи рычаговъ ввинчиваемъ винты глубже въ трубку такъ, чтобы ледъ подвергался сильному давленію. Затѣмъ, оставляя все время конецъ *B* наверху, удаляемъ винтъ *E*. Тогда мы видимъ, что шаръ находится при *D*, т. е. онъ, повидимому, прошелъ сквозь ледъ.

Затѣмъ мы ставимъ весь приборъ опять на нѣкоторое время въ охлаждающую смѣсь и повторяемъ всѣ операциі, держа трубку винтомъ *E* вверху; давленіе производимъ винтомъ *E* и затѣмъ удаляемъ *B*. Тогда оказывается, что шаръ вернулся въ *C*.

Эти перемѣщенія шара, которыя какъ бы происходятъ сквозь самый ледъ, могутъ быть объяснены тѣмъ, что ледъ отъ сильнаго давленія каждый разъ обращался въ жидкость, и шаръ падалъ въ водѣ; когда же давленіе уничтожалось, вода снова превращалась въ ледъ.

Что явленіе происходитъ именно такъ, можно обнаружить, внимательно прислушиваясь, когда переворачиваютъ трубку со льдомъ, находящимся подъ сильнымъ давленіемъ. При этомъ можно слышать и чувствовать, какъ шаръ каждый разъ производитъ ударъ. Отсюда можно заключить, что пока существуетъ сильное давленіе, въ трубкѣ находится не ледъ, а вода.

Такимъ образомъ, при помощи давленія можно ледъ превратить въ воду. Это является вполне естественнымъ, если вспомнить, что вода при замерзаніи расширяется. Когда мы силою препятствуемъ водѣ расширяться, то она не можетъ замерзнуть. Когда же мы замерзшую воду заставляемъ занять меньшее пространство, то она не можетъ остаться въ твердомъ состояніи, требующемъ большаго объема, и должна перейти въ жидкое состояніе, для котораго нуженъ меньшій объемъ.

3. Разрѣзать ледъ такъ, чтобы части не отдѣлились другъ отъ друга.

Этотъ фокусъ основанъ на изложенномъ въ послѣдней главѣ принципѣ; это весьма красивый опытъ, требующій немногихъ простыхъ приспособленій. Прежде всего нуженъ кусокъ льда такой формы, чтобы его удобно было зажать въ станкѣ. Наболѣе подходящей является форма стержня (рис. 29 *AB*). Такой стержень льда легко изготовить самому. Для этой цѣли берутъ широкую стеклянную или другую какую-нибудь широкую трубку длиною около 15 см. и одинъ конецъ ея закрываютъ пробкой. Затѣмъ этотъ сосудъ наполняютъ почти до верху водой и закрываютъ также другой конецъ пробкой; смѣшавъ 4 килогр. снѣга (или кусочки льда величиной въ горошину или бобъ) и 2 килогр. поваренной соли, вставляютъ трубку въ эту смѣсь. Менѣе, чѣмъ въ полчаса вода замерзаетъ. Вынувъ послѣ этого трубку, по-

гружаютъ ее въ обыкновенную холодную воду, чтобы расплавить поверхность льда, крѣпко примерзшаго къ стѣнамъ и къ пробкамъ, и потомъ выталкиваютъ ледяной стержень. Если хотять легко вынуть ледъ изъ стеклянной трубки, то нужно разбить дно трубки, чтобы дать возможность воздуху проникнуть въ трубку и тѣмъ содѣйствовать выходу льда. Затѣмъ ледяной стержень укрѣпляютъ горизонтально, зажавъ одинъ конецъ его въ крѣпкій зажимъ.

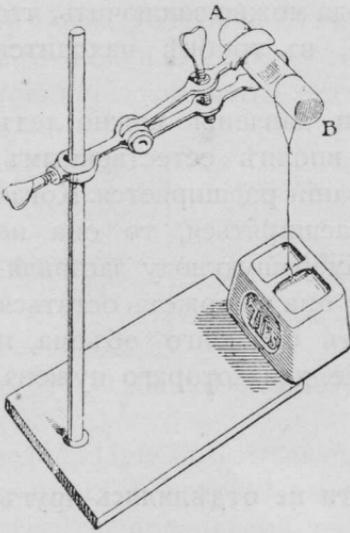


Рис. 29. Явленіе „регеляціи“.

Для этой же цѣли можетъ служить круглая дыра надлежащей величины въ вертикально поставленной доскѣ. Наконецъ, кусокъ льда охватываютъ тонкой проволокой (цвѣточной), къ которой привѣшиваютъ грузъ приблизительно въ 5 килогр. такимъ образомъ, что между нимъ и столъ остается разстояніе приблизительно въ 5 сант. Если толщина стержня $2\frac{1}{2}$ сантим., а толщина проволоки $\frac{1}{4}$ миллим., то площадь подъ проволокой равна почти 10 кв. миллим. или $\frac{1}{10}$ кв. сантим. Давленіе на 1 кв. сантим. составляетъ такимъ образомъ не менѣе 50 килогр.

Выше мы видѣли, что ледъ подъ сильнымъ давленіемъ плавится. Слѣдовательно и давленіе проволоки вызоветъ плавленіе льда, находящагося непосредственно подъ проволокой. Слѣдствіемъ этого будетъ то, что проволока будетъ все глубже и глубже врѣзываться въ ледъ, пока наконецъ грузъ не упадетъ на столъ. Но при этомъ ледъ оказывается не перерѣзаннымъ, такъ что неукрѣпленная часть, отрѣзанная проволокой, вовсе не падаетъ внизъ, а остается примерзшей къ другой части.

Кто ознакомился съ содержаніемъ послѣдней главы, тотъ безъ труда самъ найдетъ объясненіе. Жидкая вода, которая образовалась вслѣдствіе давленія проволоки на ледъ, должна тотчасъ же опять замерзнуть въ образова-

Таблица II.



Большой глетчеръ на Канадской желѣзной дорогѣ.

вшеяся шели, такъ какъ она больше не подвержена давлению. Это явление называютъ „вторичнымъ замерзаніемъ“ или „регеляціей“ (вторичное смерзаніе).

То же самое происходитъ, когда сжимають крѣпко горсть снѣга. Часть снѣжинокъ таетъ вслѣдствіе давленія. Когда же давленіе прекращается, то происходитъ „регеляція“, и вся масса оказывается до известной степени плотно соединенной въ одинъ кусокъ. Мы такимъ образомъ получаемъ снѣжокъ. Давленіе, которое необходимо для плавленія льда, должно быть тѣмъ больше, чѣмъ ниже температура. Когда ледъ холоднѣе лишь на 1° , то требуется огромное повышеніе давленія; вслѣдствіе этого нашей собственной силы недостаточно, чтобы дѣлать снѣжки изъ очень холоднаго снѣга. Всякій знаетъ, что это удается особенно легко въ томъ случаѣ, когда температура снѣга вслѣдствіе оттепели поднимается до 0° .

Образованіе и движеніе глетчеровъ также объясняется „регеляціей“. Когда въ одномъ мѣстѣ скопляются большія массы снѣга, то снѣгъ въ глубинѣ отчасти таетъ. Но такъ какъ условія давленія и напряженія въ снѣгѣ мѣняются вслѣдствіе смѣщенія снѣжныхъ массъ, то снѣгъ не остается въ растаявшемъ видѣ, и при уменьшеніи давленія онъ смерзается. Вслѣдствіе частаго повторенія этого явления въ глубинѣ снѣга могутъ появиться компактныя массы льда. Регеляціей объясняется также и движеніе глетчера, т. е. его способность наполнить подобно водяному потоку долину и при этомъ передвигаться внизъ; короче говоря: на регеляціи основана пластичность льда. Если, напримѣръ, долина суживается, то широкій потокъ льда останавливается. Въ этомъ мѣстѣ и на нѣкоторомъ разстояніи выше этого мѣста онъ находится подъ сильнымъ давленіемъ, вслѣдствіе чего онъ отчасти таетъ, затѣмъ снова замерзаетъ и такимъ образомъ все болѣе и болѣе принимаетъ форму долины.

Вслѣдствіе этого такой глетчеръ (таблица II) течетъ внизъ подобно потоку воды, но гораздо медленнѣе.

4. Ледъ, который не таетъ въ сосудѣ съ кипящей водой.

Если держать пробирку съ водой надъ пламенемъ спиртовой лампы или горѣлки Бунзена, то вода спустя нѣ-

которое время начнет кипѣть. Но если держать пробирку такимъ образомъ, что пламя, какъ показано на рис. 30, касается лишь ея середины, то нагреется только верхняя часть воды, нижняя же часть трубки остается на столько прохладной, что ее можно удобно держать въ рукѣ, не смотря на то, что вода вверху продолжаетъ кипѣть. Это можетъ быть объяснено слѣдующимъ образомъ. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ вода нагревается пламенемъ, она расширяется.

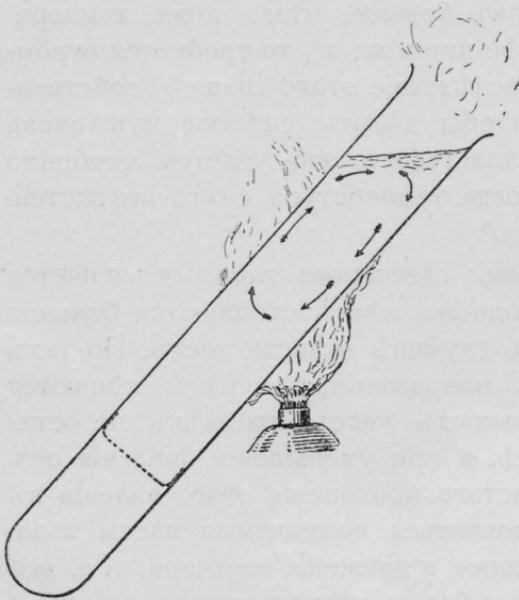


Рис. 30. Ледъ въ сосудѣ съ кипящей водой.

Если же объемъ, занятый опредѣленнымъ вѣсомъ воды, становится больше, то въ первоначальномъ—меньшемъ—объемѣ будетъ меньшій вѣсъ воды. Въ этомъ случаѣ мы говоримъ, что вода стала легче. Въ верхней половинѣ трубки эта болѣе легкая вода будетъ вытѣсняться кверху и въ стороны болѣе тяжелой водой, находящейся надъ нею. Эта болѣе тяжелая вода, стремясь опуститься подъ нагрѣтую воду, вынуждаетъ ее подниматься наверхъ. Пока

существуетъ притокъ тепла, продолжается и это движеніе воды, указанное на нашемъ рис. стрѣлками, и происходитъ это до тѣхъ поръ, пока вода въ верхней половинѣ трубки не начнетъ кипѣть. Но все это почти не оказываетъ вліянія на болѣе тяжелую, холодную воду въ нижней половинѣ трубки. Это явленіе станетъ еще болѣе поразительнымъ, если положить на дно пробирки кусочекъ льда. Но ледъ легче воды, и вслѣдствіе этого стремится всплыть, подобно тому какъ „плаваетъ“ теплая вода надъ холодной. Чтобы помѣшать поднятію льда, на него кладутъ металли-

ческій кружокъ съ отверстіемъ посрединѣ, кусокъ проволоки или что-нибудь въ этомъ родѣ, что не мѣшало бы доступу воды. При этомъ большая часть льда остается нерастаявшей, между тѣмъ какъ вода надъ льдомъ сильно кипитъ.

5. Расширеніе и сжатіе, вызываемыя одной и той же причиною.

Въ послѣдней главѣ рѣчь шла о томъ фактѣ, что вода, подобно другимъ тѣламъ расширяется подъ вліяніемъ теплоты. Иначе это самое можетъ быть выражено такъ: вода отъ охлажденія сжимается. Однако, вода расширяется весьма своеобразно, и въ этомъ отношеніи она отличается отъ большинства остальныхъ тѣлъ (за исключеніемъ желѣза).

Если бутылку, наполненную водой, закрыть пробуровленной пробкой, въ которую вставлена длинная стеклянная трубка, то этотъ приборъ можетъ служить въ качествѣ термометра (рис. 31). Когда бутылку нагрѣваютъ, вода расширяется, отчасти подымается въ трубкѣ и, наконецъ, течетъ черезъ края.

Если теперь поставить бутылку въ сосудъ, содержащій небольшіе куски льда, и обложить ее льдомъ до горлышка, то температура быстро понизится, и вода займетъ меньшій объемъ. Чѣмъ вода холоднѣе, тѣмъ болѣе она сжимается; если она находилась при точкѣ *A*, когда мы начали охлаждать бутылку, то она будетъ примѣрно при точкѣ *B*, когда температура ея будетъ приблизительно равна 4° С. Можно было бы подумать, что при дальнѣйшемъ охлажденіи вода будетъ попрежнему продолжать сжиматься. Но какъ это ни удивительно, дѣло будетъ не такъ, и это значило бы слишкомъ широко примѣнять принципъ, какъ это произошло съ однимъ человѣкомъ, о которомъ рассказываютъ слѣдующій анекдотъ: жена его привезла въ субботу вечеромъ вновь изобрѣтенную печь, на которой, какъ ее

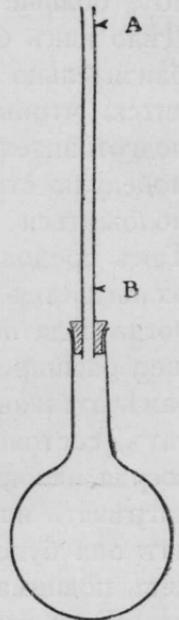


Рис. 31. Приборъ для изслѣдованія расширенія и сжатія воды.

увѣрили, можно съэкономить половину топлива. „Въ ближайшую недѣлю купимъ еще одну“, сказалъ онъ, „тогда мы съэкономимъ все топливо“.

Въ наукѣ наблюдается то же самое, что и въ повседневныхъ явленіяхъ: принципъ вѣренъ только въ извѣстныхъ предѣлахъ. Уже неоднократно приходилось сталкиваться съ тѣмъ обстоятельствомъ, что законъ или принципъ, справедливый при обычныхъ обстоятельствахъ, въ частныхъ случаяхъ нуждается во многихъ измѣненіяхъ, а въ исключительныхъ случаяхъ законъ оказывается даже совершенно невѣрнымъ. Замерзаніе воды является такимъ именно исключительнымъ случаемъ. Замерзаніе, повидимому, заключается въ образованіи кристалловъ, при чемъ молекулы располагаются на бѣльшихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, чѣмъ въ жидкомъ состояніи. Во всякомъ случаѣ объемъ льда на 10% больше объема воды, изъ которой онъ образовался. Дѣло какъ будто происходитъ такимъ образомъ, что приблизительно при $4^{\circ} C$ до того, какъ вода достаточно охладится, чтобы окончательно перейти въ ледъ, начинается подготовительный процессъ, заключающійся въ томъ, что молекулы стремятся съ постоянно возрастающей силой расположиться въ новыя группы, требующія больше мѣста. Такъ продолжаетъ расширяться вода все время, пока она охлаждается отъ 4° до $0^{\circ} C$, а при послѣдней температурѣ, когда вода переходитъ въ ледъ, она испытываетъ еще большее расширеніе; такимъ образомъ мы получаемъ весьма замѣчательный и, повидимому, полный противорѣчій результатъ, состоящій въ томъ, что когда вода въ трубкѣ нашего сосуда находится при B , то безразлично, будемъ ли мы воду нагрѣвать или же охлаждать: и въ томъ и въ другомъ случаѣ она будетъ расширяться, и столбъ воды въ трубкѣ будетъ подниматься.

Если мы, начиная опытъ съ совершенно наполненной трубкой при $4^{\circ} C$, одинъ разъ доведемъ температуру бутылки до точки кипѣнія, а другой разъ охладимъ ее, пока вся вода въ ней не превратится въ ледъ, и измѣримъ приблизительно величину расширенія въ этихъ двухъ случаяхъ, (собирая воду, которая переливается черезъ край, помощью гутаперчевой трубки), то мы найдемъ, что при простомъ

охлажденіи воды отъ $4^{\circ} C$ до $0^{\circ} C$ и слѣдующемъ за нимъ замерзаніи, расширеніе вдвое больше того, которое имѣло мѣсто при нагрѣваніи воды отъ $4^{\circ} C$ до $100^{\circ} C$, т. е. при нагрѣваніи на $96^{\circ} C$.

Это кажущееся противорѣчіе,—что вода отъ холода и сжимается и расширяется, имѣетъ огромное значеніе для людей и животныхъ въ умѣренномъ и холодномъ поясахъ. Когда зимою температура воды въ озерахъ и прудахъ опускается до $4^{\circ} C$, то замерзаніе ограничивается сравнительно тонкимъ слоемъ на поверхности. При этомъ возникаютъ теченія, подобныя тѣмъ, какія были описаны въ предыдущемъ отдѣлѣ, но на этотъ разъ они происходятъ совершенно инымъ образомъ.

Тамъ они обусловливались нагрѣваніемъ воды, находившейся надъ поверхностью, которой пламя доставляло теплоту. Здѣсь же охлаждается масса воды, лежащая ниже той поверхности, которая подвергается дѣйствию холода, т. е. ниже поверхности воды въ прудѣ.

Пусть рис. 32 представляетъ вертикальный разрѣзъ пруда. Вода на поверхности *A*, подверженная дѣйствию холодныхъ вѣтровъ или теряющая при ясномъ небѣ много теплоты путемъ лучеиспусканія, сильно охлаждается. Благодаря охлажденію она сжимается и становится тяжелѣе остальной воды; поэтому она опускается внизъ и вытѣсняетъ на поверхность болѣе легкую, теплую воду.

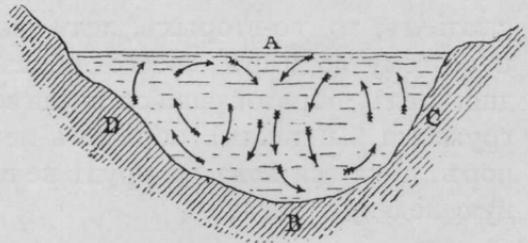


Рис. 32. Теченія въ прудѣ.

Но охладившаяся вода легко нагрѣвается благодаря соприкосновенію съ дномъ (*BCD*); между тѣмъ вода на поверхности становится такой же холодной или даже холоднѣе воды, находившейся тамъ первоначально. Она, слѣдовательно, тоже становится тяжелѣе и погружается въ свою очередь внизъ, вытѣсняя снова другую часть воды вверхъ. Такимъ образомъ возникаютъ теченія, которыя поддержи-

вають въ водѣ равномерную циркуляцію, пока вся вода не охладится до 4° С.

Что же тогда происходитъ? Вода, находящаяся сверху, охладившись до 4° С, перестаетъ, какъ мы видѣли, сжиматься и при дальнѣйшемъ охлажденіи начинаетъ расширяться. Но, благодаря расширенію, она становится легче. Такимъ образомъ вода, охладившаяся ниже 4° С, вмѣсто того, чтобы обнаруживать стремленіе погружаться, какъ бы плаваетъ на остальной водѣ. Она поэтому остается въ теченіе продолжительнаго времени на поверхности, и описанныя выше теченія прекращаются. Верхній слой воды вскорѣ охладается до 0° С и замерзаетъ. Внизу же, на достаточной глубинѣ, она все еще сохраняетъ температуру 4° С. Благодаря расширенію при замерзаніи ледъ легче воды, и поэтому онъ вынужденъ оставаться на поверхности воды.

Но что произошло бы, если бы вода, подобно другимъ тѣламъ, неограниченно продолжала по мѣрѣ охлажденія сжиматься? Во-первыхъ, теченія не прекратились бы, и вода на днѣ также охладилась бы до температуры замерзанія. Если бы образование льда сопровождалось еще большимъ сжатіемъ, то во-вторыхъ, ледъ оказался бы тяжелѣе воды и поэтому по мѣрѣ своего образованія опускался бы на дно. Ледъ, образовавшійся позднѣе, въ свою очередь погружался бы; такимъ образомъ ледъ скоплялся бы до тѣхъ поръ, пока вся вода въ прудѣ не превратилась бы въ сплошную ледяную массу.

Легко понять, что это окончилось бы полнымъ истребленіемъ рыбъ, которыя теперь имѣютъ возможность жить въ водѣ подъ льдомъ. Далѣе, люди и животныя не могли бы обитать въ мѣстностяхъ съ суровой зимой, вслѣдствіе недостатка воды, такъ какъ вся вода замерзала бы. Къ счастью, благодаря расширенію, вода на глубинѣ остается въ жидкомъ состояніи, такъ что ее можно добыть, вырубая во льду проруби.

Эта замѣчательная неправильность въ расширеніи воды имѣетъ, какъ мы видимъ, огромное значеніе для благосостоянія людей и животныхъ.

6. Разрывное дѣйствіе замерзающей воды.

Было уже упомянуто, что вода при замерзаніи расширяется на 10% своего первоначального объема. Это расширение происходит съ такой энергіей, что даже крѣпкіе желѣзные сосуды могутъ при этомъ лопнуть.

Это легко можетъ быть обнаружено при помощи слѣдующаго опыта. Наполняютъ до верху водой небольшой крѣпкій стальной цилиндръ (рис. 33) съ полостью *A* и

шестиугольной головкой *B*. Въ углубленіе на открытомъ концѣ цилиндра вставляютъ маленькую пластинку *C* изъ тонкой листовой мѣди. На пластинкѣ лежитъ крѣпкое металлическое кольцо *D*, передающее давленіе со стороны шестиугольной гайки *E*, навинченной на цилиндръ. Гайка снабжена отверстіемъ, равнымъ по величинѣ отверстію кольца, такъ что середина наружной поверхности мѣдной пластинки видна черезъ кольцо и гайку винта. Навинчивая гайку, крѣпко прижимаютъ пластинку къ цилиндру, и такимъ образомъ закрываютъ герметически полость *A*. Весь приборъ помещается въ охлаждающую смѣсь, описанную выше, и при томъ такимъ образомъ, что сверху виденъ лишь открытый конецъ его.

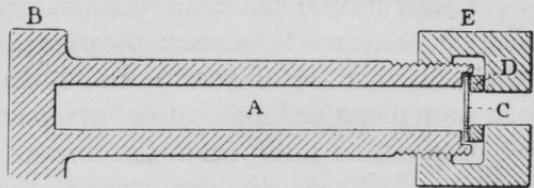


Рис. 33. Приборъ для демонстраціи разрывнаго дѣйствія замерзающей воды.

шестиугольной гайки *E*, навинченной на цилиндръ. Гайка снабжена отверстіемъ, равнымъ по величинѣ отверстію кольца, такъ что середина наружной поверхности мѣдной пластинки видна черезъ кольцо и гайку винта. Навинчивая гайку, крѣпко прижимаютъ пластинку къ цилиндру, и такимъ образомъ закрываютъ герметически полость *A*. Весь приборъ помещается въ охлаждающую смѣсь, описанную выше, и при томъ такимъ образомъ, что сверху виденъ лишь открытый конецъ его.

Цилиндръ и вода внутри его вскорѣ охлаждаются до точки замерзанія и ниже. Вода стремится замерзнуть, но для этого ей нуженъ большій объемъ. Такъ какъ при данныхъ условіяхъ вода не можетъ получить его, то замерзаніе невозможно. Но вслѣдствіе охлажденія молекулы все время стремятся расположиться въ новомъ порядкѣ и продолжаютъ съ возрастающей силой давить на стѣнки своей тюрьмы, пока онѣ не разобьютъ, наконецъ, своихъ оковъ въ наиболѣе слабомъ мѣстѣ, каковымъ является тонкая мѣдная пластинка. Когда она лопнетъ, мы услышимъ гром-

кій трескъ, свидѣтельствующій о той силѣ, съ которой она разрывается.

Такъ какъ полость теперь вслѣдствіе разрыва открылась, то молекулы имѣютъ достаточно мѣста, чтобы расположиться въ кристаллической формѣ. Вода сразу превращается въ ледъ, заполняющій теперь всю полость, излишекъ же льда (въ виду того, что объемъ его больше объема первоначальной воды) выталкивается черезъ отверстие въ мѣдной пластинкѣ и при томъ въ формѣ длиннаго, тонкаго ледяного столбика, который выступаетъ изъ гайки.

Разрушительная сила замерзающей воды играетъ очень важную роль въ процессѣ разрушенія горъ. Дождевая или снѣговая вода проникаетъ въ трещины и въ сильные холода замерзаетъ. При этомъ она расширяется съ такой силой, что скалы растрескиваются, какъ будто въ нихъ вбили тысячу клиньевъ. Въ меньшемъ масштабѣ дѣйствіе этой силы проявляется въ томъ, что въ сильные холода лопаются водопроводныя трубы. Если при закрытыхъ кранахъ водяная колонна плотно заключена въ трубахъ, то она не можетъ замерзнуть, если трубы достаточно крѣпки, чтобы помѣшать расширенію воды. Если же сила, обусловленная расширеніемъ, увеличивается, то трубы должны либо расширяться, либо лопнуть. Вода начнетъ просачиваться черезъ стѣнки трубъ только тогда, когда потеплѣетъ, и поэтому тогда только и можетъ быть замѣчена порча трубъ, хотя произошла она во время мороза.

II. Паръ и испареніе.

1. Разрывное дѣйствіе горячей воды.

Нашъ послѣдній опытъ заключался въ томъ, что мы охлаждали до замерзанія воду, помѣщенную внутри прочнаго сосуда, который въ этомъ случаѣ лопался. Кажется почти противнымъ здравому смыслу, что противоположное условіе, а именно нагрѣваніе воды, приводитъ къ такому же результату. И все же фактъ этотъ весьма хорошо извѣстенъ; примѣромъ можетъ служить взрывъ паровыхъ котловъ.

Если мы желаемъ демонстрировать разрывную силу горячей воды въ домѣ, то мы должны, разумѣется, принять мѣры, чтобы не причинить вреда. Для этой цѣли лучше всего, если одна часть сосуда будетъ слабѣе другой для того, чтобы мы заранѣе знали, какая часть лопнетъ. Далѣе, сосудъ слѣдуетъ держать такимъ образомъ, чтобы никто не могъ пострадать отъ взрыва. Для этой цѣли можетъ сослужить хорошую службу прочный желѣзный цилиндръ, закрытый тонкой мѣдной пластинкой, которымъ мы пользовались въ предыдущемъ опытѣ. Если въ достаточной степени нагрѣть воду, то она разорветъ мѣдную крышку совершенно такимъ же образомъ, какъ это сдѣлалъ и ледъ во время своего образованія изъ воды; внезапное образованіе пара окажется безвреднымъ, если умѣло держать отверстіе.

Если же наполнить полость цилиндра лишь на $\frac{3}{4}$ водой, то крышка разорвется не вслѣдствіе расширенія воды, а благодаря расширенію пара. Итакъ оба вида взрыва могутъ быть показаны на одномъ и томъ же приборѣ. Въ послѣднемъ случаѣ, чтобы обезпечить себѣ хорошій взрывъ на тотъ случай, когда нагрѣваніе окажется слишкомъ слабымъ, или количество воды въ полости цилиндра будетъ недостаточнымъ, замѣняютъ мѣдную пластинку резиновой перепонкой. Такая замѣна даетъ нервному экспериментатору увѣренность въ успѣхѣ; звукъ же взрыва окажется лишь немного слабѣе.

Чтобы объяснить разрывное дѣйствіе нагрѣтой воды или водяного пара, можно было бы ограничиться указаніемъ опыта, что тѣла съ повышеніемъ температуры расширяются. Сосудъ опредѣленной крѣпости можетъ въ теченіе извѣстнаго времени, а именно до тѣхъ поръ, пока внутри его давленіе не достигнетъ извѣстныхъ предѣловъ, препятствовать расширенію. Но какъ только давленіе перейдетъ за эти предѣлы, сосудъ долженъ лопнуть, и сотрясеніе воздуха, вызванное этимъ внезапнымъ расширеніемъ, мы воспринимаемъ, какъ звукъ взрыва. Какъ сказано, мы могли бы ограничиться этимъ объясненіемъ. Но мы хотимъ воспользоваться случаемъ, чтобы составить себѣ болѣе точное представленіе о явленіяхъ, имѣющихъ мѣсто въ жидкости и

парѣ, и о причинѣ ихъ разрывнаго дѣйствія; при этомъ мы будемъ основываться на ученіи, получившемъ въ настоящее время широкое распространеніе среди физиковъ. А именно, чтобы понять механическія дѣйствія тепловой энергіи, представляютъ ее себѣ, какъ энергію движенія мельчайшихъ частицъ матеріи. Мельчайшія части, на которыя мы можемъ раздѣлить вещество, не измѣняя его химической природы, называются молекулами. Такимъ образомъ представляютъ себѣ, что тепловыя дѣйствія тѣла возникаютъ благодаря движеніямъ — и именно колебательнымъ движеніямъ — его молекулъ.

Молекулы же мы въ свою очередь воображаемъ себѣ составленными изъ атомовъ. При возникновеніи и распаденіи химическихъ соединеній, т. е. при соединеніи и разьединеніи атомовъ, вообще говоря, при перемѣщеніи атомовъ во время химическихъ процессовъ, часто возникаетъ теплота, которая раньше не была замѣтна. Чтобы объяснить это мы должны допустить, что не только молекулы, какъ цѣлое, совершаютъ колебательныя движенія, которыя мы воспринимаемъ, какъ теплоту, но что атомы внутри молекулъ также обладаютъ колебательными движеніями, которыхъ мы обыкновенно не замѣчаемъ, и которыя при химическихъ процессахъ способны превращаться въ молекулярныя движенія, т. е. въ теплоту. Наоборотъ, мыслимъ и такой случай, что молекулярное движеніе, которое мы воспринимаемъ какъ теплоту, превращается въ движеніе атомовъ, нами уже не замѣчаемое. И дѣйствительно, существуетъ достаточное число химическихъ процессовъ, при которыхъ наблюдается не возникновеніе теплоты, а, наоборотъ, поглощеніе ея.

Послѣ этого отступленія въ область движеній атомовъ возвратимся къ молекулярнымъ или тепловымъ колебаніямъ.

Мы должны себѣ представить, что эти колебанія происходятъ въ высшей степени энергично, и тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ теплѣе тѣло. Полагаютъ, что въ накаленномъ до бѣла тѣлѣ молекулы совершаютъ больше шести билліоновъ колебаній въ секунду. Мы можемъ допустить, что въ твердомъ тѣлѣ молекулы такъ тѣсно связаны и колеблются съ

такой относительно небольшой силой, что взаимное притяжение поддерживает их въ опредѣленномъ положеніи. Это допущеніе соотвѣтствуетъ дѣйствительности лишь въ общихъ чертахъ, такъ какъ найдено, что даже въ твердыхъ тѣлахъ молекулы обладаютъ нѣкоторой свободой передвиженія.

Если твердое тѣло сильно нагрѣто, т. е. если частицы его побуждаются къ болѣе оживленнымъ колебаніямъ подъ вліяніемъ толчка со стороны быстрѣе колеблющихся молекулъ другихъ веществъ, напримѣръ, молекулъ газоваго пламени, то частицы тѣла сообщаютъ также другъ другу болѣе сильныя толчки и такимъ образомъ больше удаляются другъ отъ друга. Такимъ путемъ происходитъ извѣстное явленіе расширенія тѣлъ подѣ вліяніемъ теплоты.

Предположимъ, что мы нагрѣли кусокъ воска. Это означаетъ, что его молекулы колеблются быстрѣе, сообщаютъ другъ другу болѣе сильныя толчки и дальше удаляются другъ отъ друга. Наступаетъ моментъ, когда колебанія такъ сильны, и удаленіе молекулъ другъ отъ друга достигаетъ такихъ размѣровъ, что можетъ преодолѣть силу взаимнаго притяженія молекулъ; благодаря этому онѣ начинаютъ двигаться почти независимо другъ отъ друга. Движенія происходятъ съ незначительнымъ взаимнымъ треніемъ или даже вовсе безъ него. Неподвижное расположеніе въ опредѣленномъ мѣстѣ нарушается. Вещество расплавилось, оно стало жидкостью.

Вообразимъ себѣ теперь нагрѣтую воду въ закрытомъ котлѣ или цилиндрѣ. Возрастаніе температуры означаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ усиленіе и оживленіе молекулярныхъ колебательныхъ движеній; наступитъ моментъ, когда удары, наносимые молекулами другъ другу, достигаютъ такой силы, что нѣкоторыя изъ молекулъ, находящихся на поверхности жидкости отбрасываются въ пространство надъ ней, въ которомъ онѣ движутся съ большой скоростью, часто ударяя о внутреннія стѣнки цилиндра и другъ о друга; жидкость перешла въ парообразное состояніе, весьма сходное съ газообразнымъ. Если бы можно было увеличить паровой котель до размѣровъ вселенной и въ такомъ же отношеніи увеличить молекулы внутри ея, то онѣ подобно

резиновымъ мячамъ свободно летали бы по всѣмъ направлениямъ, часто сталкивались бы другъ съ другомъ и отскакивали бы отъ внутреннихъ стѣнокъ мірового котла, въ которомъ онѣ были бы заключены.

Теперь мы въ состояніи понять, какимъ образомъ столь легкое и неосязательное тѣло, какъ паръ, можетъ производить такое сильное давленіе. Оно объясняется дѣйствіемъ ударовъ легко колеблющихся молекулъ.

Когда мальчикъ бросаетъ камень въ открытую дверь, то помимо порчи краски, другого результата нѣтъ; если же представить себѣ, что тысячи мальчиковъ бросаютъ каждую секунду по камню, и каждый камень попадаетъ въ наружную сторону двери, то этотъ дождь камней будетъ производить непрерывное давленіе на дверь и она закроется.

То же самое происходитъ и съ молекулами водяного пара; онѣ также производятъ сильное давленіе на внутреннія стѣнки котла. Каждая изъ нихъ, взятая въ отдѣльности, мала, но на каждую частичку поверхности стѣнокъ котла направлены милліоны ударовъ. Поэтому общее давленіе велико. Оно, какъ извѣстно, тѣмъ больше, чѣмъ выше температура, т. е. чѣмъ быстрѣе движенія молекулъ. Если котелъ закрытъ, или паровая трубка засорилась, или предохранительный клапанъ отказывается служить, то въ концѣ концовъ напоръ молекулъ разнесетъ стѣнки котла въ наиболѣе слабыхъ мѣстахъ. Тогда произойдетъ взрывъ.

2. Взорвано или раздавлено?

Учитель наполняетъ водой часть стеклянной бутылки и, нагрѣвая ее на пламени, показываетъ образованіе пара. Затѣмъ онъ льетъ немного холодной воды на закрытую бутылку и тотчасъ же раздается громкій трескъ и появляется облако пара. Бутылка разбита вдребезги, горячая вода и осколки стекла летятъ далеко во всѣ стороны. Большинство зрителей, не колеблясь, скажутъ: какой прекрасный взрывъ! Между тѣмъ явленіе, о которомъ идетъ рѣчь, вовсе не есть взрывъ. Разсмотримъ его подробнѣе.

Станемъ кипятить небольшое количество воды въ бутылкѣ такъ, чтобы въ теченіе нѣкотораго времени паръ съ силой выходилъ изъ нея. Мы видѣли въ послѣдней главѣ, какимъ сильнымъ источникомъ энергіи являются быстрыя движенія молекулъ пара. Паръ въ состояніи выгнать весь воздухъ изъ бутылки, при чемъ онъ преодолеваетъ давленіе воздуха, равное одному килограмму на квадр. сант.

Когда весь воздухъ удаленъ, бутылку закрываютъ резиновой или хорошей обыкновенной пробкой. Не слѣдуетъ только сдѣлать ошибку, закрывая бутылку, когда она находится еще надъ пламенемъ, иначе образуется еще больше пара, и въ какой нибудь очень неподходящій моментъ можетъ дѣйствительно произойти взрывъ. Наиболѣе пригоднымъ для закрытія горлышка бутылки является тотъ моментъ, когда бутылку сняли съ огня, но теплота стекла вызываетъ еще образованіе пара. Далѣе, закрывать нужно быстро, раньше чѣмъ воздухъ успѣетъ, вслѣдствіе сгущенія пара, снова войти внутрь бутылки. Въ такомъ случаѣ стекло навѣрное сумѣетъ противостоять умѣренному давленію пара, который еще успѣетъ образоваться. За-

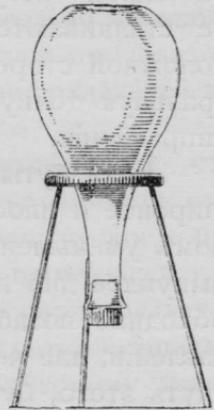
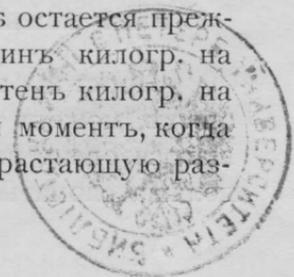


Рис. 34. Поломка бутылки подъ давленіемъ атмосферы.

крывъ бутылку, ее опрокидываютъ, ставятъ на соотвѣтствующую подставку (Рис. 34) и ждутъ короткое время.

Окружающій воздухъ, который по сравненію съ кипящей водой холоднѣе, вскорѣ вызываетъ сгущеніе части пара въ бутылкѣ въ воду и охлаждаетъ остальную часть пара. Если пользоваться представленіями, съ которыми мы познакомились въ предыдущей главѣ, то это означаетъ, что молекулы летятъ съ меньшей быстротой, ударяютъ съ меньшей силой о внутреннія стѣнки стекла и производятъ поэтому меньшее давленіе на него. Давленіе же извнѣ остается прежнимъ, т. е. составляетъ приблизительно одинъ килогр. на одинъ квадр. сант., слѣдовательно, много сотенъ килогр. на всю поверхность. Наконецъ наступаетъ такой моментъ, когда бутылка не въ состояніи выдержать все возрастающую разницу въ давленіи и разбивается.



Громкій трескъ объясняется слѣдующимъ образомъ. Воздухъ внѣ бутылки съ большой силой напираетъ на нее и, раздавивъ ее, устремляется къ центру бутылки, такъ что со всѣхъ сторонъ массы воздуха съ силой напирають другъ на друга. Возникающее такимъ образомъ сотрясеніе воздуха распространяется въ окружающемъ пространствѣ и достигаетъ уха наблюдателя.

Иногда осколки стекла отлетаютъ на нѣкоторое разстояніе; это объясняется тѣмъ, что нѣкоторые изъ нихъ съ силой несутся къ центральному пункту, случайно не сталкиваются съ какимъ-нибудь кускомъ съ противоположной стороны, вслѣдствіе чего они, перейдя за центральную точку, продолжаютъ летѣть въ противоположномъ направленіи.

Если бутылка сдѣлана изъ тонкаго стекла, и дно ея широкое и плоское, то она ломается уже при незначительномъ уменьшеніи давленія внутри ея. Если же она имѣетъ выпуклое дно и приготовлена изъ толстаго стекла, то необходимо позаботиться о болѣе значительной разницѣ въ давленіи, для чего сильнѣе сгущаютъ паръ. Чтобы достигнуть этого, бутылку ставятъ на подставку и обливаютъ ее холодной водой. Нѣкоторыя бутылки, разумѣется, достаточно прочны, чтобы противостоятъ атмосферному давленію даже въ томъ случаѣ, если внутри ихъ совершенно нѣтъ воздуха; въ такомъ случаѣ необходимо разбить ихъ легкимъ ударомъ молотка или какимъ нибудь другимъ сильнымъ орудіемъ.

И въ этомъ случаѣ мы также услышимъ громкій шумъ и увидимъ летящіе во всѣ стороны осколки стекла и брызги воды, между тѣмъ какъ тотъ фактъ, что паръ сгустился, благодаря дѣйствию холодной воды, доказываетъ, что это явленіе не было собственно взрывомъ.

3. Какъ можно охлажденіемъ довести воду до кипѣнія?

Простой приборъ, употреблявшійся въ послѣднемъ опытѣ, можетъ намъ послужить и для другого опыта, кажущагося очень парадоксальнымъ. На этотъ разъ бутылка не должна сломаться. Нужно, слѣдовательно, приготовить ее

изъ прочнаго стекла и придать ей округленную форму. Кромѣ того ее слѣдуетъ наполнить водой до половины, а не только на нѣсколько сантиметровъ. Доведемъ теперь воду до кипѣнія, закроемъ бутылку въ то время, когда паръ еще продолжаетъ энергично выдѣляться, такъ что, когда паръ сгустится, воздухъ не сумѣетъ проникнуть внутрь бутылки. Пока мы поставимъ бутылку на подставку, вода перестанетъ кипѣть. Если теперь налить немного воды на ту часть бутылки, которая наполнена паромъ, то сейчасъ же вода начнетъ снова кипѣть. Кипѣніе снова прекратится, но тотчасъ же опять начнется, какъ только мы вновь обольемъ бутылку холодной водой. Это можно продолжать въ теченіе нѣкотораго времени, пока вода не охладится на столько, что не будетъ больше закипать.

Это парадоксальное явленіе объясняется тѣмъ, что температура, при которой жидкости кипятъ, зависитъ отъ давленія, подъ которымъ онѣ находятся. Сначала, когда бутылка была закрыта, давленіе внутри было по меньшей мѣрѣ равно внѣшнему давленію, такъ какъ паръ оказался способнымъ выгнать воздухъ и противостоять внѣшнему давленію. Но для того, чтобы вопреки атмосферному давленію молекулы воды могли подняться въ пространство надъ водой въ формѣ пузырьковъ пара, онѣ должны непрерывно получать энергію для колебаній отъ горячаго пламени; поэтому кипѣніе прекращается, когда мы вынимаемъ открытую бутылку изъ пламени. Когда же бутылку закрываютъ, и паръ сгущается благодаря тому, что мы льемъ холодную воду на бутылку, то давленіе внутри сильно уменьшается, и по сравненію съ этимъ уменьшеннымъ давленіемъ энергія колебательнаго движенія молекулъ воды достаточно велика, чтобы сдѣлать возможнымъ поднятіе молекулъ въ пространство надъ жидкостью безъ помощи посторонней энергіи. Другими словами: вода можетъ теперь кипѣть безъ нагрѣванія пламенемъ. Мы достигаемъ здѣсь путемъ уменьшенія давленія на жидкость (посредствомъ охлажденія пара) того же, что мы обыкновенно получаемъ путемъ повышенія энергіи колебаній молекулъ воды (нагрѣваніемъ воды на пламени).

При такомъ устройствѣ кипѣніе происходитъ за счетъ тепловой энергіи самой воды взамѣнъ энергіи пламени. Но

если при переходѣ воды изъ жидкаго въ газообразное состояніе происходитъ поглощеніе тепловой энергіи, то послѣ кипѣнія въ водѣ будетъ заключаться гораздо меньше теплоты, чѣмъ прежде. Такъ оно и есть на самомъ дѣлѣ. Если повторять кипѣніе нѣсколько разъ, то вода становится настолько холодной, что къ ней безъ опасенія можно прикоснуться рукой.

На это, можетъ быть, кто нибудь возразить, что не удивительно, если вода въ бутылкѣ холодна, разъ мы въ изобилии лили холодную воду на бутылку! Отвѣтомъ можетъ послужить новый опытъ, поучительный еще и въ другихъ отношеніяхъ.

На рис. 35 изображены двѣ одинаковыя бутылки, соединенныя пробкой, черезъ которую проходитъ трубка. Болѣе длинный конецъ трубки долженъ выдаваться надъ поверхностью воды: либо его

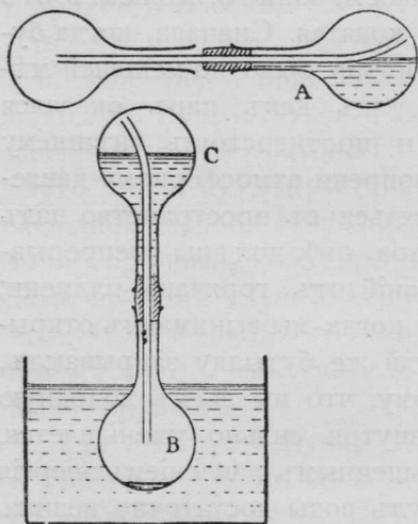


Рис. 35. Вода, кипящая при уменьшенномъ давленіи.

либо его изгибають, какъ показано на рисункѣ, либо берутъ прямую стеклянную или металлическую трубку и короткую резиновую трубку. Черезъ резиновую трубку протягивають кусокъ изогнутой проволоки, которая придаетъ ей надлежащую форму.

Если вода кипитъ въ то время, какъ бутылки находятся въ положеніи *A*, то паръ выгоняетъ воздухъ изъ обѣихъ трубокъ. Вслѣдъ затѣмъ можно бутылки соединить другъ съ другомъ и привести ихъ въ положеніе *BC*.

Бутылка *B* является въ данномъ случаѣ лучшимъ конденсаторомъ, чѣмъ верхняя часть бутылки на рис. 34, такъ какъ она представляетъ большую поверхность и поэтому дѣлаетъ возможнымъ болѣе сильное охлажденіе. Вслѣдствіе этого вода въ *C* быстрѣе доходитъ до кипѣнія. Далѣе, опытъ показываетъ причину кипѣнія еще яснѣе, чѣмъ приборъ

на рис. 34. Во первыхъ, здѣсь нѣтъ прямого охлажденія воды въ *C* путемъ обливанія водой. Поэтому, если теперь вода въ *C* при кипѣннн быстрае охлаждается, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда она не кипитъ, то мы видимъ, что причина этого лежитъ въ потерѣ тепла при кипѣннн. Во вторыхъ, теперь уже у насъ не можетъ быть подозрѣннн, что вода, образующаяся благодаря сгущеннню въ *B*, способствуетъ своимъ смѣшенннемъ съ кипящей водой замѣчательному охлажденнню ея.

4. Какимъ образомъ можно малымъ количествомъ воды охладить предметъ сильнѣе, чѣмъ большимъ.

Если спросить человѣка изъ народа, какой предметъ станетъ холоднѣе: тотъ ли, который совершенно погруженъ въ холодную воду или же тотъ, который только смачивается холодной водой, то онъ по всей вѣроятности рѣшилъ бы, что первый. Онъ оказался бы не правъ, какъ это уже часто съ нимъ случалось раньше.

Изслѣдуемъ дѣло опять таки путемъ опыта. Рис. 36 показываетъ намъ нижнюю часть двухъ термометровъ. Шарикъ одного изъ нихъ погруженъ въ воду, шарикъ другого находится немного выше воды, но остается влажнымъ благодаря обмоткѣ изъ бумажной или шерстяной матернн и т. п., которая окружаетъ шарикъ и погружена своимъ концомъ въ воду. Въ такомъ случаѣ термометръ *A* показываетъ всегда болѣе низкую температуру.

Этотъ фактъ основанъ на томъ законѣ, съ которымъ мы познакомились въ предыдущей главѣ, а именно, что необходима тепловая энергнн, чтобы превратить воду въ паръ. Поэтому вода, которая доставляетъ теплоту, необходимую для превращеннн въ паръ одной части ея, должна охладиться.

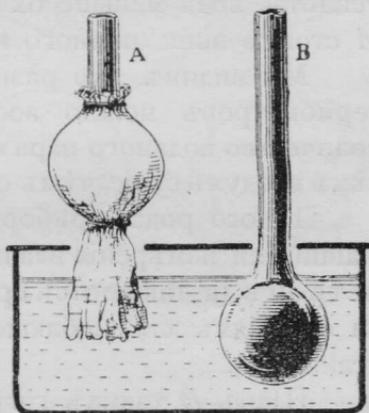


Рис. 36. Принципъ психрометра.

Если температура воздуха остается постоянной, то вода въ резервуарѣ на нашемъ рисункѣ имѣетъ температуру воздуха, и эта температура указывается термометромъ *B*, шарикъ котораго находится въ водѣ.

Шарикъ же термометра *A* окруженъ веществомъ, всасывающимъ воду. При своей пористости, оно имѣетъ очень большую наружную поверхность, и поэтому находится въ хорошихъ условіяхъ для испаренія воды. Въ сухомъ воздухѣ испаряется поэтому большая часть воды изъ влажнаго чехла шарика. Для этого испаренія необходима теплота, которая берется у самой воды во время испаренія такимъ же образомъ, какъ это происходило въ послѣднемъ опытѣ, гдѣ вода кипѣла безъ пламени. Когда слой воды въ пористомъ чехлѣ шара вслѣдствіе этого значительно охладится, то эта вода будетъ поглощать теплоту стекла термометра, а оно въ свою очередь поглощаетъ теплоту ртути. Вслѣдствіе этого ртуть сжимается и занимаетъ меньшій объемъ, т. е. ртутная колонна термометра понижается.

Когда воздухъ уже насыщенъ водянымъ паромъ, или, какъ обыкновенно говорятъ, совершенно влаженъ, то чехоль шара высыхаетъ медленнѣе; тогда затрачивается меньше теплоты, вода меньше охлаждается, и ртуть въ термометрѣ *A* стоитъ лишь немного ниже, чѣмъ въ термометрѣ *B*.

Мы видимъ, что разностью между показаніями обоихъ термометровъ можно воспользоваться, чтобы опредѣлить количество водяного пара въ воздухѣ. Чѣмъ разность больше, тѣмъ воздухъ суше, чѣмъ она меньше, тѣмъ воздухъ влажнѣе.

Такого рода приборъ изъ двухъ термометровъ, служащій для измѣренія влажности воздуха, называется гигрометромъ (а также психрометромъ) и примѣняется всюду на станціяхъ для наблюденія погоды (метеорологическихъ станціяхъ).

Шаръ *B* такихъ гигрометровъ находится не въ водѣ, а окруженъ воздухомъ. Поэтому мы скорѣе можемъ установить температуру воздуха, чѣмъ при нашемъ опытѣ.

Мы погрузили одинъ шарикъ въ воду лишь для того, чтобы наглядно показать, что предметъ, помѣщенный въ холодной водѣ, меньше охлаждается, чѣмъ предметъ, который лишь смачивается водой.

III. Теплопроводность.

1. Сосудъ, слишкомъ горячій для того, чтобы въ немъ можно было кипятить воду.

Если сосудъ, въ которомъ кипитъ вода, опорожнить и впустить въ него нѣсколько капель холодной воды, то теплота сосуда быстро высушиваетъ воду, т. е. превращаетъ ее въ паръ. Если же оставить горшокъ безъ воды на пламени до тѣхъ поръ, пока онъ нагрѣется значительно больше, чѣмъ раньше, когда въ немъ кипѣла вода, т. е. пока онъ не накалится до-красна, и влить въ него затѣмъ нѣсколько капель холодной воды, то мы склонны думать, что онъ еще скорѣе съ шипѣніемъ испарятся. Мы увидимъ, что и на этотъ разъ заключеніе окажется слишкомъ поспѣшнымъ.

При этомъ слѣдуетъ принять во вниманіе тѣ возраженія, которыя могутъ быть сдѣланы кухонными авторитетами противъ намѣренія нагрѣть кухонный горшокъ до-красна, — возраженія, которыя, вѣроятно, будутъ признаны справедливыми и высшей инстанціей. Произведемъ

поэтому лучше нашъ опытъ съ помощью прибора, специально изготовленнаго для этой цѣли. Сосудомъ для опыта можетъ служить небольшая пластинка въ видѣ чашечки; видъ ея въ раз-

рѣзѣ изображенъ на рис. 37. Она должна быть изготовлена изъ металла, хорошо проводящаго теплоту, напри- мѣръ, изъ мѣди, и должна имѣть гладкую, блестящую поверхность; иначе съ водой могло бы произойти явленіе противоположное тому, что мы предсказывали, и мы должны были бы вновь объяснить зрителямъ, почему вода обнаружила не тѣ свойства, какія мы ожидали.

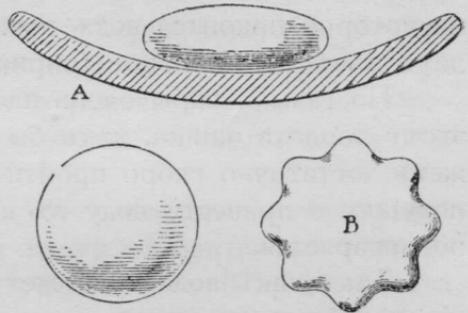


Рис. 37. Сферoidalное состояніе воды.

Мѣдная чашка, которая покоится на подходящей подставкѣ, нагрѣвается до-красна, затѣмъ въ нее осторожно впускають нѣсколько капель холодной воды. вмѣсто того, чтобы сразу превратиться въ парь, вода останется въ чашкѣ въ формѣ сплюсненнаго шара, „сфероида“. Это состояніе воды называютъ „сфероидальнымъ состояніемъ“. Иногда шаръ совершенно круглый, иногда онъ имѣетъ зубчатую форму, представленную на рисункѣ *B*, иногда онъ мѣняетъ свою форму, иногда же онъ медленно вращается.

Почему вода, соприкасаясь съ очень горячей чашкой и окруженная даже пламенемъ большой бунзеновской горѣлки, не превращается сразу въ парь, а остается, смотря по обстоятельствамъ, въ теченіе нѣсколькихъ минутъ въ чашкѣ, пока, наконецъ, она медленно не высыхаетъ?

Очевидно, чашка слишкомъ горяча, чтобы довести воду до кипѣнія. Она настолько горяча, что раньше, чѣмъ къ ней успѣетъ прикоснуться вся вода, теплота чашки заставитъ испариться часть воды. Такимъ образомъ между водой и чашкой будетъ находиться тонкій слой пара. Поэтому, благодаря находящейся между ними паровой подушкѣ, на которой покоится вода, чашка и вода никогда не приходятъ въ дѣйствительное соприкосновеніе другъ съ другомъ.

Но газы и пары очень плохіе проводники тепла. Поэтому теплота чашки, какъ бы она ни была велика, не можетъ достаточно скоро пройти черезъ плохо проводящую подушку и привести воду въ кипѣніе, и вода лишь медленно испаряется.

Такъ какъ вода не можетъ прійти въ соприкосновеніе съ мѣдью, то между нею и мѣдью не можетъ, разумѣется, возникнуть никакого прилипанія, какъ это обычно бываетъ, когда тѣла смачиваются водой. Форма воды опредѣляется поэтому лишь ея поверхностнымъ натяженіемъ и ея вѣсомъ.

Небольшія количества ртути на предметахъ, которыхъ она не смачиваетъ, также принимаютъ приблизительно шаровую форму; точно также очень небольшія капли воды принимаютъ почти шарообразную форму, между тѣмъ какъ большія массы, благодаря своему вѣсу, сплюсциваются въ сфероидальную форму.

Очень простымъ и хорошо дѣйствующимъ приборомъ для наблюденія сфероидальнаго состоянія можетъ служить мѣдная монета; ударами молота ее дѣлають совершенно гладкой, а при помощи округленнаго молотка ей сообщаютъ слегка вогнутую форму чашечки. Эту монету кладутъ на кусокъ желѣза, накаленный до-красна. Для наблюденія этого мало замѣтнаго, но столь поучительнаго явленія пригодна также очень горячая плита, на которую наливають нѣсколько капель воды.

2. Можно ли погрузить руку въ расплавленный свинецъ?

Изъ заслуживающихъ довѣрія источниковъ передають, что теперешній король Англiи много времени тому назадъ во время одного изъ своихъ путешествiй по англiйскимъ промышленнымъ городамъ имѣлъ смѣлость погрузить свою руку въ сосудъ, въ которомъ находился расплавленный свинецъ. Мы не знаемъ, правда это или нѣтъ, но этотъ опытъ дѣйствительно можетъ быть продѣланъ и нерѣдко продѣлывался, и при томъ безъ вреда для погруженной руки.

Вода кипитъ при $100^{\circ} C$, и если опустить въ нее руку даже на самое короткое время, то результатомъ будутъ ужасная боль и самая серьезная пораненiя. Температура, при которой плавится свинецъ, на 233° выше. Какимъ же образомъ возможно, чтобы соприкосновенiе съ нимъ было менѣе опасно?

Объясненiе этого явленiя очень сходно съ тѣмъ, которое было дано въ послѣдней главѣ относительно сфероидальнаго состоянiя воды. Благодаря теплотѣ свинца влага кожи испаряется, и вокругъ руки образуется какъ бы паровая перчатка, которая является очень плохимъ проводникомъ тепла, такъ что теплота свинца сообщается кожѣ лишь очень медленно. Сама кожа во внѣшней своей части состоитъ изъ нечувствительнаго слоя, такъ что въ теченiе короткаго времени, пока теплота достигнетъ глубже лежащихъ нервовъ, кожа въ состоянiи переносить безъ боли чрезвычайно высокiя температуры. Если вытянуть руку, прежде чѣмъ теплота успѣетъ пройти черезъ паровую перчатку и внѣшнiй слой кожи, то опытъ не повлечетъ за собой никакихъ неприятныхъ послѣдствiй.

Слѣдуетъ еще замѣтить, что для этого опыта руки должны быть влажными. Ихъ слѣдуетъ поэтому тщательно вымыть мыломъ для того, чтобы удалить всѣ жирныя вещества и чтобы вода могла потомъ хорошо смочить ихъ и пристать ко всей ихъ поверхности.

Вѣроятно, излишне прибавлять еще одно предостереженіе, а именно, что руку не слѣдуетъ слишкомъ долго оставлять въ расплавленномъ свинцѣ. Для теплоты, разумѣется, достаточно очень небольшого промежутка времени, чтобы проникнуть черезъ предохраняющій паръ и начать свое разрушительное дѣйствіе.

3. Ходьба по накаленнымъ до-красна камнямъ.

Нашъ рисунокъ 38 представляетъ церемонію, встречающуюся въ различныхъ мѣстностяхъ земли, но особенно распространенную на островахъ южной части Великаго океана. Какой-нибудь туземный святой, совмѣщающій также въ своемъ лицѣ врача и жреца, хочетъ укрѣпить свою славу или увеличить ее ореоломъ носителя сверхъестественныхъ силъ; вотъ онъ и показываетъ, какія чудеса онъ въ состояніи сдѣлать.

Выкапываютъ ровную яму, складываютъ въ нее камни и дрова, которые зажигаютъ за нѣсколько часовъ до начала церемоніи. Нѣкоторые камни раскаляются до-красна. Ихъ отыскиваютъ и покрываютъ зелеными вѣтками, которыя, обугливаясь, сильно дымятъ. Спустя довольно продолжительное время приближается кудесникъ босой, во главѣ процессіи, состоящей изъ его учениковъ, полагающихъ, что подъ охраной его чудесной силы они сумѣютъ послѣдовать его примѣру. Достигнувъ камней, онъ начинаетъ шагать по нимъ, при чемъ въ первый разъ предусмотрительно съ замѣтной осторожностью выбираетъ свой путь. Его ученики слѣдуютъ за нимъ съ большей поспѣшностью. Обратный путь проходится съ большей увѣренностью и лучшимъ выборомъ. Наконецъ за ними бросается большая часть зрителей, состоящая изъ непрофессиональныхъ чудотворцевъ или изъ лицъ, желающихъ стать таковыми; они въ безпорядкѣ прыгаютъ по камнямъ, въ большинствѣ случаевъ не слишкомъ удаляясь отъ обыкновенной земли.

Когда посторонній въ первый разъ видитъ это зрѣлище, то онъ бываетъ чрезвычайно пораженъ. Онъ чувствуетъ во всякомъ случаѣ, что присутствуетъ при чемъ-то такомъ, что стоитъ изслѣдовать поближе.

Благодаря наблюденіямъ людей, которые отправлялись смотрѣть на эту процессію не только, какъ на пріятное зрѣлище, но съ намѣреніемъ дойти до истины, сдѣлались



Рис. 38. Жрецъ Папа Ита (Таити), собирающійся выполнить свой огненный танецъ.

извѣстными слѣдующіе факты. Всей церемоніи придается театральный характеръ съ цѣлью вызвать изумленіе. Размѣръ пламени и продолжительное время, въ теченіе котораго оно горитъ, производитъ впечатлѣніе адскаго жара. Этому способствуютъ также переворачиваніе горячихъ камней, видъ до-красна накалившихся камней и дымъ отъ опаленныхъ вѣтокъ, воткнутыхъ въ промежутки между наиболѣе горячими камнями.

Въ теченіе этого времени верхніе камни имѣютъ достаточно времени, чтобы остыть. Кудесники идутъ по накаленнымъ до-красна камнямъ, ступая, разумѣется, не по нимъ самимъ, а черезъ нихъ по тѣмъ именно камнямъ, которые не накалены до-красна. Вотъ чѣмъ объясняется то, что они не медлятъ и не колеблются въ своихъ движеніяхъ и не останавливаются въ одномъ положеніи. Цивилизованные зрители, которые сейчасъ же вслѣдъ за ними идутъ по тѣмъ же камнямъ, замѣчаютъ, что кожа на ихъ башмакахъ не опалается. Туземцы, не принадлежащіе къ кудесникамъ, босыми ногами толкаютъ эти камни.

Далѣе, мы знаемъ изъ послѣдней главы, что влажная кожа въ состояніи въ теченіе короткаго времени перенести безъ вреда очень большой жаръ. Въ то время, какъ одна нога стоитъ на горячемъ камнѣ, другая нога охлаждается, благодаря испаренію ея влаги. Возможно также, что по мѣрѣ приближенія къ концу пути кожа можетъ нагрѣваться настолько, что жара станетъ нестерпимой. Нога можетъ также случайно попасть на камень, который въ самомъ дѣлѣ слишкомъ горячъ; но ее тотчасъ же отдергиваютъ, и на обратномъ пути уже будутъ избѣгать этого камня; боль же можно скрыть. Дѣйствія дервишей и другихъ фанатиковъ показываютъ, что когда рѣчь идетъ объ обманѣ или о вопросахъ вѣры, то боль переносится геройски.

Подведя итогъ сказанному, и принимая во вниманіе главнымъ образомъ тотъ фактъ, что и кожу башмаковъ жаръ камней разрушаетъ не сразу, мы должны прійти къ заключенію, что несмотря на удивительные факты, здѣсь все же не происходитъ ничего такого, что противорѣчило бы извѣстнымъ законамъ природы.

IV. Замѣчательныя струи пара.

1. Можно ли провести рукой сквозь горячую струю пара?

Можно безъ вреда быстро, но безъ особой поспѣшности, провести рукой черезъ небольшую струю горячаго пара вблизи мѣста его выхода. Паръ этотъ такъ же горячъ, какъ

и кипящая вода, какъ паръ изъ самовара, который можетъ обварить кожу. Почему же этотъ паръ не обжигаетъ кожи?

Прежде всего слѣдуетъ замѣтить, что рѣчь идетъ о дѣйствительномъ, похожемъ на газъ, парѣ, а не объ отчасти уже сгустившемся парѣ, какимъ является, напримѣръ, видимое облако пара, поднимающееся надъ самоваромъ. Такое облако состоитъ изъ мелкихъ капелекъ воды, которыя пристають къ рукѣ, скопляются на ней, смачивають ее и въ дѣйствіе своей высокой удѣльной теплоты переносятъ на руку огромныя количества тепла.

Нѣкоторые паровые котлы снабжены сбоку отверстіемъ, въ которое вставляется стеклянная пластинка, чтобы дать наблюдателю возможность видѣть внутренность котла. Поверхъ воды ничего не видно. Отсюда слѣдуетъ, что здѣсь находится настоящій газообразный паръ, не такой, который отчасти сгустился въ водяныя капельки; иначе эти послѣднія были бы видны.

Этотъ настоящій паръ, какъ и газы, имѣетъ даже при высокой температурѣ очень незначительную удѣльную теплоту; поэтому тонкій слой пара, съ которымъ палецъ на короткое время приходитъ въ соприкосновеніе, не можетъ сообщить кожѣ большого количества тепла. Во-вторыхъ, этотъ настоящій паръ, подобно газамъ, обладаетъ очень небольшою теплопроводностью, такъ что слой пара, находящійся вблизи самой руки, не можетъ также передать кожѣ теплоты сосѣднихъ слоевъ пара.

Если мы вдобавокъ обратимъ вниманіе еще на тотъ фактъ, что теплота должна сперва проникнуть черезъ внѣшній нечувствительный слой кожи, раньше чѣмъ ее можно будетъ почувствовать, то намъ станетъ ясно, какъ можно подвергать кожу въ теченіе короткаго времени дѣйствію горячаго пара. Но фокусъ этотъ не слѣдуетъ затягивать слишкомъ долго. Если экспериментаторъ будетъ слишкомъ отваженъ, то онъ обожжетъ себѣ пальцы.

2. Какимъ образомъ слабый побѣждаетъ сильнаго?

Паровой инжекторъ для снабженія котла свѣжей водой былъ въ свое время однимъ изъ самыхъ удивительныхъ открытій инженернаго искусства. За исключеніемъ

инженеровъ мало кто знаетъ, что такое паровой инжекторъ, и для чего онъ служить; между тѣмъ знакомство съ нимъ очень поучительно.

Представимъ себѣ прежде всего слѣдующее: изъ парового котла проведена къ машинѣ паровая трубка, которая снабжаетъ ее паромъ. Отъ паровой трубки отходитъ еще другая трубка *A*, доставляющая паръ инжектору, который мы опишемъ ниже. Въ инжекторѣ въ *C* струя пара сталкивается съ струей воды, которая выходитъ изъ другой трубки *B* и гонитъ ее черезъ третью трубку *D* въ котель. Короче, паръ, проходящій изъ котла, откуда онъ получаетъ свое давленіе, преодолеваетъ давленіе пара, находящагося еще въ котлѣ и снова входитъ въ котель, неся съ собой свѣжую воду.

Это кажется совершенно невозможнымъ; но въ дѣйствительности явленіе еще гораздо болѣе замѣчательно, такъ какъ рѣчь идетъ о парѣ, который прошелъ уже черезъ машину, совершивъ свою работу, при чемъ давленіе его понизилось до атмосфернаго. Онъ преодолеваетъ давленіе пара—какъ это ни удивительно—въ четыре атмосферы и при томъ увлекаетъ съ собой еще воду, которую онъ кромѣ того поднялъ передъ тѣмъ на большую высоту.

Это съ виду противорѣчивое явленіе объясняется внезапнымъ сгущеніемъ пара, который при этомъ всю свою энергію концентрируетъ въ очень маленькомъ пространствѣ.

Допустимъ, что струя пара, распространяющаяся со скоростью скажемъ въ 400 м., впускается въ нѣкоторое пространство, гдѣ давленіе составляетъ половину первоначальнаго давленія. Паръ расширяется, и скорость его частицъ увеличивается; соотвѣтственно бѣльшей скорости растетъ также ихъ энергія движенія. Паръ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи занимаетъ объемъ, который въ 1700 разъ больше объема воды, изъ которой онъ получился. Поэтому, когда онъ сгущается, то занимаетъ 1700-ую часть того объема, который занималъ въ формѣ пара. Это значитъ, что діаметръ внезапно сжавшейся струи пара уменьшился болѣе чѣмъ въ сорокъ разъ. Вся энергія движенія струи пара сосредоточивается теперь въ тонкой струѣ воды. Въ томъ объемѣ, который занимаетъ струя пара,

теперь заключается приблизительно въ 1700 разъ больше энергіи, чѣмъ прежде. Хотя въ дѣйствительности соотвѣтствующее число нѣсколько меньше, чѣмъ слѣдуетъ по теоріи, все же приращеніе энергіи достаточно велико, чтобы дать возможность струѣ воды преодолѣть давленіе пара въ котлѣ и снова вступить въ паровой котель, при чемъ она увлекаетъ съ собою воду, при помощи которой она сгустилась.

На нашемъ рисункѣ 39 нѣкоторыя детали, необходимыя на практикѣ, опущены, чтобы лучше подчеркнуть главное; нѣкоторыя же другія части несоразмѣрно нами увеличены.

Паръ, совершивъ въ цилиндрѣ работу, вступаетъ черезъ *A* въ инжекторъ. Небольшая струя пара стремится съ большой скоростью къверху. По трубкѣ *B* течетъ холодная вода, которая вливается въ кольцеобразную камеру *C*, гдѣ образуется кольцеобразная струя холодной воды, окружающая струю пара. При соприкосновеніи съ ней паръ внезапно сгущается въ воду и образуетъ описанную уже выше тонкую струю быстро движущейся воды. Эта струя имѣетъ достаточно энергіи, чтобы добраться вмѣстѣ съ холодной водой, которая съ ней смѣшивается, въ пространство *D*, находящееся въ соединеніи съ котломъ. По мѣрѣ движенія струи впередъ скорость ея постепенно уменьшается, а давленіе увеличивается, пока наконецъ оно становится способнымъ преодолѣть давленіе пара въ котлѣ.

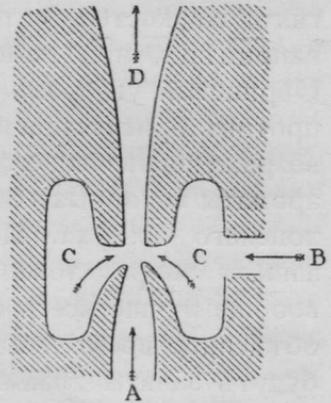


Рис. 39. Къ объясненію парового инжектора.

У. Легко испаряющіяся жидкости.

1. Какъ можно заморозить жидкость путемъ кипѣнія?

Въ одной изъ предыдущихъ главъ мы видѣли, что количество тепла, необходимое для испаренія, такъ велико, что горячая вода, которая при низкомъ давленіи можетъ

кипѣть безъ огня или пламени, поглощая при этомъ часть собственной теплоты, очень скоро охлаждается до нѣкоторой невысокой температуры. Стоитъ продолжать этотъ процессъ дальше и держать воду подъ достаточно низкимъ давленіемъ, чтобы кипящая вода въ концѣ концовъ замерзла. Но чтобы получить такое низкое давленіе, пришлось бы прибѣгнуть къ очень хорошему воздушному насосу и непрерывно поглощать возникающій водяной паръ при помощи крѣпкой сѣрной кислоты.

Поэтому удобнѣе заморозить воду при помощи другихъ жидкостей, которыя испаряются легче, чѣмъ вода, напимѣръ, при помощи сѣрнистаго углерода или ээира. Сѣрнистый углеродъ представляетъ собой такое вещество, противъ присутствія котораго въ домѣ могутъ быть сдѣланы возраженія въ виду его запаха, такъ какъ по сравненію съ нимъ ароматы моторныхъ экипажей напоминаютъ благовонія Цейлонскаго воздуха. Поэтому мы выберемъ ээиръ, хотя и запахъ ээира, тоже вѣроятно не понравится, такъ что вообще лучше всего будетъ выбрать для этого опыта послѣобѣденное время, когда родители и другіе почтенные люди будутъ заняты дѣлами внѣ дома.

Лучше всего устроить все, какъ показано на рис. 40. Въ кускѣ дерева продѣлываютъ углубленіе и наливаютъ въ

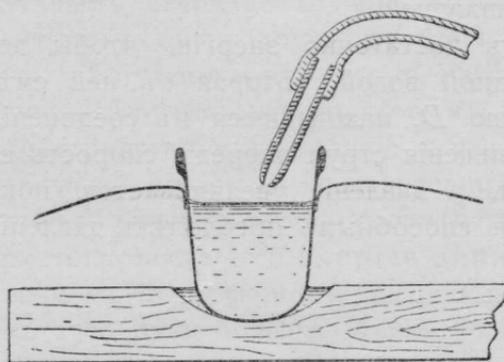


Рис. 40. Замерзаніе воды вслѣдствіе испаренія ээира.

него нѣсколько капель воды. Въ воду вставляютъ наперстокъ, который почти цѣликомъ наполняютъ ээиромъ. Небольшого количества ээира (копеекъ на 10) хватитъ на нѣсколько опытовъ. Затѣмъ берутъ резиновые мѣхи, встрѣчающіеся въ пульверизаторахъ для жидкостей и конецъ резиновой

трубки надѣваютъ на стеклянную трубку или другой наконечникъ съ очень узкимъ отверстіемъ. Если экспериментаторъ молодъ и имѣетъ сильныя легкія, то онъ можетъ

обойтись и безъ мѣховъ. Чтобы помѣшать ээиру, на который дуютъ, проникнуть въ воду, полезно расширить край наперстка, вставляя его въ тонкую доску съ круглымъ отверстіемъ. Тѣхъ же результатовъ можно достигнуть, если осторожно и терпѣливо вдвухать воздухъ. Пары ээира легко воспламеняются, поэтому не слѣдуетъ держать вблизи ээира горящую свѣчу или лампу.

Вдуваемая струя воздуха заставляетъ ээиръ очень быстро испаряться. Этимъ же принципомъ пользуются и прачки, когда онѣ предпочитаютъ вѣшать бѣлье для просушки въ вѣтранный день. Благодаря тому, что вѣтеръ непрерывно уноситъ слой воздуха, который насытился паромъ и поэтому не поглощаетъ его больше, и гонитъ на его мѣсто болѣе сухой воздухъ, вода въ бѣльѣ можетъ легче испаряться.

Искусственно вызванный и направленный на ээиръ токъ воздуха производитъ то же дѣйствіе: онъ ускоряетъ испареніе ээира. Поглощаемое при этомъ количество теплоты, которое доставляется самимъ ээиромъ, настолько велико, что раньше, чѣмъ весь ээиръ въ наперсткѣ испарится, онъ настолько охладится, что будетъ въ состояніи заморозить воду. Въ концѣ концовъ наперстокъ примерзаетъ къ доскѣ. Такимъ образомъ, если не собственно кипѣніе, то все же сходное съ кипѣніемъ ускоренное парообразование вызываетъ замораживаніе.

Было уже сказано, что для замораживанія воды путемъ кипѣнія при низкомъ давленіи требуется очень хорошій воздушный насосъ и быстрое поглощеніе возникающаго водяного пара крѣпкой сѣрной кислотой.

Существуетъ другая жидкость, которая сравнительно легко переходитъ въ твердое состояніе, если заставить часть ея испаряться (настоящаго кипѣнія здѣсь такъ же не происходитъ). Это—жидкая углекислота. Угольная кислота въ газообразной формѣ общеизвѣстна. Это газъ, который выдѣляется при откупориваніи бутылки изъ многихъ напитковъ, напимѣръ, зельтерской воды, пива, шипучаго вина и т. д., благодаря чему напитки эти пѣнятся. Угольную кислоту удастся привести въ жидкое состояніе уже при обыкновенной температурѣ при давленіи въ 60 атмосферъ. Въ жидкомъ видѣ она имѣется въ продажѣ большей частью въ

большихъ стальныхъ бутылкахъ. Если открыть затворъ такой бутылки, когда бутылка стоитъ, то выдѣляется сильная струя газообразной угольной кислоты, которая образуется изъ жидкой углекислоты вслѣдствіе уменьшенія давленія при открытіи бутылки. Давленіемъ этой все еще сильно сжатой газообразной угольной кислоты пользуются въ пивныхъ складахъ, чтобы вытѣснить пиво изъ бочекъ. Наполнить такую бутылку стоитъ не очень много денегъ (приблизительно двѣ марки, т. е. одинъ рубль), такъ что нѣкоторые читатели этой книги будутъ, можетъ быть, въ состояніи выписать себѣ такую бутылку съ угольной кислотой отъ какой-нибудь фирмы, которая занимается производствомъ жидкой углекислоты, или же сумѣютъ приобрести такую бутылку у трактирщика ¹⁾). Эту бутылку съ угольной кислотой кладутъ на полъ или на крѣпкій столъ такимъ образомъ, чтобы отверстіе, откуда вытекаетъ жидкость, лежало ниже, чѣмъ закрытый конецъ. Благодаря такому положенію находящаяся внутри газообразная углекислота собирается на закрытомъ концѣ, жидкая же—у выхода. Если открыть теперь кранъ, то сильно сжатый газъ выталкиваетъ жидкость. Но, къ нашему удивленію, мы вовсе не замѣчаемъ струи жидкости, а видимъ только, какъ выступаетъ бѣлый тяжелый туманъ, который частью осаждается на столъ или на полу въ видѣ бѣлаго налета, т. е. въ твердомъ состояніи. Отсюда вытекаетъ, что этотъ туманъ состоитъ изъ маленькихъ твердыхъ частицъ, т. е. изъ твердой углекислоты. Чтобы получить твердую углекислоту въ бѣльшемъ количествѣ, складываютъ большой кусокъ толстой фланели или другой такой матеріи въ формѣ мѣшочка и плотно привязываютъ его къ трубкѣ, въ которой находится отверстіе, такимъ образомъ, чтобы облако углекислоты попадало въ этотъ мѣшочекъ. Если затѣмъ открыть кранъ, то мѣшокъ наполнится снѣгообразной массой твердой углекислоты.

Какъ это все объясняется? Очень просто. При обыкновенной температурѣ жидкая углекислота остается въ жид-

¹⁾ Больше всего стоитъ сама бутылка, которую впрочемъ нѣтъ необходимости приобретать.

комъ состояніи лишь при очень высокомъ давленіи. Когда это давленіе при открываніи трубки уменьшается, то углекислота болѣе или менѣе быстро переходитъ въ газообразное состояніе. Этотъ газъ, какъ мы знаемъ, безцвѣтенъ, и поэтому невидимъ. Необходимая для испаренія теплота заимствуется главнымъ образомъ у самой углекислоты, какъ у той, которая остается въ жидкомъ видѣ, такъ и у той, которая выходитъ изъ сосуда. Вотъ почему часть угольной кислоты оставляетъ бутылку въ формѣ очень маленькихъ твердыхъ частицъ, которыя могутъ соединиться въ мѣшочки въ большія массы, между тѣмъ какъ газообразная углекислота проникаетъ черезъ мѣшокъ въ воздухъ. Такимъ образомъ мы видимъ въ дѣйствительности, что быстрое испареніе одной части жидкости въ состояніи заморозить остальную ея часть.

Твердая углекислота имѣетъ, разумѣется, очень низкую температуру, около— 60° C. Нужно остерегаться трогать ее пальцами, потому что сильное охлажденіе руки легко вызываетъ такія же явленія, какъ и сильное нагрѣваніе („ожогъ“). Если имѣть подъ рукой немного ртути, напримѣръ, изъ случайно разбитаго термометра, то ее можно заморозить; это наглядно покажетъ намъ, что температура очень низка. Съ этой цѣлью наполняютъ небольшую деревянную чашку съ помощью деревянной или роговой ложки снѣгообразной углекислотой и крѣпко ее сжимаютъ, при чемъ посрединѣ ея дѣлаютъ маленькое углубленіе. Если въ это углубленіе налить ртути, то черезъ нѣсколько минутъ мы сумѣемъ вынуть ложкой маленькій твердый комокъ ртути. Но металлъ этотъ не слѣдуетъ оставлять лежать на столѣ, потому что уже при температурѣ въ— 39° C онъ снова таетъ. При незначительномъ сотрясеніи или при небольшомъ уклонѣ поверхности стола ртуть тогда скатывается въ видѣ болѣе или менѣе шарообразныхъ капель, которыя нелегко затѣмъ поймать, такъ какъ онѣ часто проникаютъ въ щели пола. Такъ какъ пары ртути очень ядовиты, то нужно избѣгать оставлять ее въ теченіе продолжительнаго времени открытой въ комнатѣ—даже въ малыхъ количествахъ. При этомъ случаѣ слѣдуетъ еще замѣтить, что ртутные термометры, разумѣется, не годятся для измѣренія температуръ ниже

—39⁰ С. Въ этихъ случаяхъ пользуются термометрами, которые содержатъ жидкости, точка замерзанія которыхъ значительно ниже, напимѣръ, алкоголь (спиртъ).

Слѣдуетъ упомянуть еще объ одномъ наблюденіи. Если снѣгообразную угольную кислоту оставить лежать въ теченіе нѣкотораго времени, то мы замѣтимъ, что количество ея постепенно уменьшается, при чемъ она не таетъ. Такъ какъ она находится при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, то она переходитъ изъ твердаго состоянія, минуя жидкое, непосредственно въ газообразное состояніе и исчезаетъ поэтому изъ глазъ. Точно также обыкновенный снѣгъ или кусокъ льда, который въ морозную погоду лежитъ на вѣсахъ въ открытомъ мѣстѣ, благодаря испаренію, постепенно становится легче. Если снѣгообразная угольная кислота или предметъ, который съ нимъ приходитъ въ соприкосновеніе, все же покрывается небольшимъ количествомъ жидкости, то не слѣдуетъ думать, что это жидкая угольная кислота. Это просто вода, которая осаждается, благодаря сгущенію водяного пара воздуха, на сильно охлажденныхъ предметахъ.

На тотъ случай, когда дѣло идетъ лишь о томъ, чтобы приготовить немного твердой углекислоты, не производя надъ ней дальнѣйшихъ опытовъ, слѣдуетъ упомянуть еще о другомъ способѣ достать жидкую угольную кислоту. Одна лондонская фирма ¹⁾ выпускаетъ на рынокъ сифоны, сходные съ нашими сифонами для зельтерской воды; они служатъ для приготовленія въ домашнемъ хозяйствѣ напитковъ, содержащихъ углекислый газъ (лимонады), съ помощью жидкой углекислоты, которая продается для этого въ маленькихъ стальныхъ капсуляхъ. Эти сифоны вмѣстѣ съ углекислотой въ капсуляхъ (sparklets) продаются также въ Германіи ²⁾, въ виду чего нѣкоторые читатели сумѣютъ можетъ быть воспользоваться ими для опытовъ. Сифоны имѣютъ головку (рис. 41) очень сходную съ головкой сифона

¹⁾ Aerators Limited. Upper Edmonton. London, N.

²⁾ Фирма Франц Эренбергъ, Гамбургъ, продаетъ сифоны по 4,50 м., и капсули съ углекислотой по 1,50 м. за дюжину. Это указаніе дѣлается здѣсь въ видѣ исключенія, такъ какъ рѣчь идетъ объ очень мало извѣстномъ предметѣ.

для зельтерской воды. Часть *C* навинчивается на стеклянной сосудъ. Въ дѣйствительности къ ней придѣлана еще одна стеклянная трубка, которая здѣсь ради цѣлей опыта удалена. Стальные капсулы имѣютъ приблизительно грушевидную форму. На нашемъ

рисунокѣ стальная капсула (*A*) помещена въ футлярѣ *BD*, который въ *B* снабженъ винтовой нарезкой, а въ *DD* двумя крыльями, при помощи которыхъ его удобно навинчивать. Если футляръ *BD* прочно навинтить, то при этомъ стальная капсула прижимается къ шипу. Этотъ шипъ пробуриваетъ капсулу, и такъ какъ онъ самъ имѣетъ отверстіе, то черезъ это отверстіе углекислота, переходящая въ

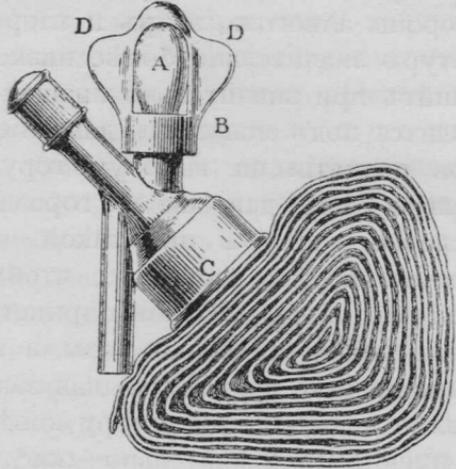


Рис. 41. Приспособленіе для замораживанія углекислоты.

газообразное состояніе, попадаетъ въ сифонъ, гдѣ она и служитъ для образованія напитка. Если же отвинтить, какъ показано на рис. 41, головку и поступить такимъ же образомъ, помѣстивъ капсулу *A* въ вертикальномъ положеніи, то углекислота въ *C* выступаетъ отчасти въ видѣ газа, отчасти въ видѣ тумана. Прижимая отверстіе *C*, когда капсула открыта, къ куску фланели или другой подобной ткани, можно также получить массу твердой углекислоты, хотя и въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ при пользованіи большими стальными бутылками.

Относительно стальныхъ капсулъ, слѣдуетъ еще замѣтить, что при значительномъ нагрѣваніи онѣ сильно взрываютъ, такъ какъ давленіе сжатой углекислоты становится тогда слишкомъ сильнымъ. Но при обыкновенной температурѣ онѣ безопасны. Открытіе капсуль также можетъ быть опаснымъ, если оно производится не съ помощью шипа, помѣщенного въ сифонной головкѣ, а другимъ путемъ.

2. Можетъ ли ледъ быть источникомъ теплоты?

Различныя жидкости кипятъ при различной температурѣ. Чтобы довести до кипѣнія сѣрную кислоту или ртуть, ихъ нужно нагрѣть гораздо сильнѣе, чѣмъ воду. Съ другой стороны алкоголь, эфиръ и хлороформъ кипятъ при температурѣ значительно болѣе низкой, чѣмъ вода; и сама вода кипитъ при значительно низшей температурѣ, если она находится подъ меньшимъ давленіемъ. Это можно наблюдать при поднятіи на высокую гору. Наверху воздухъ значительно рѣже, давленіе его гораздо меньше, и вода при этихъ условіяхъ кипитъ при такой низкой температурѣ, что ее нельзя нагрѣть настолько, чтобы можно было сварить въ ней картофель. Жидкій сѣрнистый ангидридъ кипитъ даже ниже точки замерзанія воды, а именно при -8° С., жидкій амміакъ при -34° С., жидкая закись азота при -87° С. Еще болѣе низкую температуру кипѣнія имѣетъ жидкій воздухъ, а именно приблизительно -200° С.

Все же теплота является основнымъ условіемъ кипѣнія. Даже и при этихъ низкихъ температурахъ тѣла все еще содержатъ теплоту. Съ перваго взгляда нѣкоторые, можетъ быть, будутъ склонны сказать, что вода при температурѣ ниже точки замерзанія не содержитъ уже теплоты. Но развѣ не съ такимъ же правомъ мы могли бы сказать, что не существуетъ теплоты при температурѣ низшей той, при которой расплавленный воскъ или желѣзо снова отвердѣваютъ?

Правда, мы называемъ ледъ „холоднымъ“, а не „теплымъ“. Но этимъ мы желаемъ лишь сказать, что онъ менѣе нагрѣтъ, чѣмъ наше тѣло или большинство окружающихъ насъ предметовъ. По сравненію же съ нѣкоторыми тѣлами онъ содержитъ довольно значительное количество теплоты. Разница, напримѣръ, между количествомъ теплоты во льду и жидкомъ воздухѣ такъ же велика, какъ разница въ количествахъ тепла въ накаленномъ до-красна желѣзѣ и въ водѣ.

Слѣдовательно, ледъ можетъ привести жидкій воздухъ въ такое же сфероидальное состояніе, въ какое накаленный до-красна металлъ приводитъ воду. Пока ледъ не потерялъ большей части своей теплоты, и температура его не при-

близилась къ температурѣ жидкаго воздуха, ледъ оказывается слишкомъ теплымъ, чтобы довести жидкій воздухъ до кипѣнія!

Прежде всего, благодаря чрезвычайной теплотѣ льда (чрезвычайной по сравненію съ сильнымъ холодомъ жидкаго воздуха), между льдомъ и жидкостью образуется подушка изъ испарившагося жидкаго воздуха, который очень мало проницаемъ для теплоты, испускаемой льдомъ. Послѣ же того, какъ ледъ медленно отдастъ свою теплоту, и его температура приблизилась къ температурѣ жидкости, промежуточный слой паровъ исчезаетъ. Жидкій воздухъ и ледъ приходятъ въ соприкосновеніе, и воздухъ начинаетъ кипѣть. Ледъ такимъ образомъ охладился въ концѣ концовъ настолько, что можетъ довести до кипѣнія жидкій воздухъ!

Послѣ того какъ кипѣніе продолжается въ теченіе нѣкотораго времени, при чемъ ледъ отдаетъ все время свою теплоту, онъ наконецъ становится такимъ же холоднымъ, какъ и жидкій воздухъ. Тогда уже невозможенъ переходъ тепла отъ льда къ воздуху, и кипѣніе прекращается.

Опытъ можетъ быть выполненъ двумя различными способами. Во-первыхъ, можно опустить кусокъ льда въ жидкій воздухъ. Въ теченіе первыхъ нѣсколькихъ минутъ ледъ слишкомъ нагрѣтъ, чтобы быть въ состояніи соприкоснуться съ жидкостью, и поэтому происходитъ только испареніе. Но вскорѣ поверхность его достаточно охлаждается, и воздухъ начинаетъ кипѣть.

Можно поступить и другимъ образомъ. Продѣлываютъ въ одной сторонѣ куска льда углубленіе, и наливаютъ въ него жидкій воздухъ. При этомъ намъ придется отмѣтить тотъ же рядъ явленій, какъ если бы мы пролили воду на накалившую до-красна плитку.

Послѣдній способъ даетъ сверхъ того возможность продѣлать очень изящный и эффектный опытъ. Такъ какъ азотъ испаряется первымъ, то оставшимся кислородомъ можно воспользоваться для того, чтобы сжечь въ немъ кусокъ дерева. Въ темной комнатѣ яркій свѣтъ внутри льда представляетъ удивительно красивое зрѣлище.

VI. Мнимыя „Perpetuum mobile“.

1. Жидкій воздухъ и „вѣчно продолжающееся движеніе“.

Тотъ, кто говоритъ о вѣчно продолжающемся движеніи или о „Perpetuum mobile“ (т. е. о непрерывно движущейся машинѣ), высказываетъ этимъ лишь мысль о томъ, чтобы создать силу изъ ничего или извлечь изъ машины больше силы, чѣмъ въ той или иной формѣ ей было сообщено. Это всегда было любимой идеей тѣхъ, кто вмѣшивается въ научные вопросы, не имѣя достаточныхъ познаній, чтобы понять законы, управляющіе явленіями.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, когда сенсація, вызванная чудесными свойствами жидкаго воздуха, немного улеглась, заявленіе одного американскаго экспериментатора, построившаго большой приборъ для полученія жидкаго воздуха по системѣ автора этой книги, снова воскресило мысль о „Perpetuum mobile“.

Ему удалось при затратѣ 3 литровъ жидкаго воздуха приготовить съ помощью сходнаго съ паровой машиной мотора 10 новыхъ литровъ жидкаго воздуха. Онъ утверждалъ, что 7 изъ этихъ 10 литровъ могутъ быть затрачены въ другой машинѣ для производства внѣшней полезной работы, а тремя остающимися литрами можно воспользоваться, чтобы выработать снова 10 литровъ жидкаго воздуха и такъ далѣе до безконечности. Итакъ, имѣя 3 литра, онъ могъ бы постоянно оставлять 3 литра для машины, и при этомъ всякій разъ получать 7 другихъ литровъ для работы въ мастерскихъ.

Совершенно ясно, что если это справедливо для 3 и 7 литровъ, то это справедливо также для 30 и 70, 3000 и 7000 и т. д. Точно такъ же ясно, что если эти 7 литровъ не затрачиваются на другую работу, то въ слѣдующій разъ можетъ быть получено 23, въ третій разъ 76 литровъ и т. д. Въ такомъ случаѣ количество жидкаго воздуха и его сила буквально не имѣли бы границъ; безъ затраты хотя бы одной пригоршни угля или другихъ горючихъ матеріаловъ

сила эта способна увеличиваться, подобно маленькому сѣмени, изъ котораго вырастаетъ большое растеніе.

Такое чудесное открытіе должно было бы повлечь за собой величайшіе перевороты во всѣхъ областяхъ. Машины, отапливаемые углемъ, масломъ или газомъ, въ мастерскихъ и на желѣзныхъ дорогахъ всѣхъ 5 частей свѣта оказались бы ненужными. Суда, приводимыя въ движеніе жидкимъ воздухомъ, пересѣкали бы Атлантическій океанъ въ теченіе 3 дней, при чемъ имъ не приходилось бы тащить съ собой ни одной тонны горючихъ матеріаловъ. Воздушные шары легко достигали бы самыхъ большихъ высотъ; когда же мы пожелали бы погрузиться въ подводныхъ лодкахъ въ глубины океана, то жидкій воздухъ не только снабдилъ бы насъ необходимой энергіей движенія, но и сѣжимъ воздухомъ для дыханія. Доказывать невозможность всего этого значитъ ломиться въ открытыя двери. Хотя изъ малаго складывается большое, все же одно „немногое“ не можетъ дать „многого“. Многіе маленькіе ручейки образуютъ въ концѣ концовъ рѣку, но никакимъ заклинаніемъ одинъ ручеекъ не можетъ превратиться въ рѣку.

Никто не прослѣдилъ основательно мнимыхъ успѣховъ экспериментатора, но единственное заключеніе, которое можетъ быть выведено изъ переданныхъ намъ сообщеній, заключается въ слѣдующемъ: если онъ производилъ то литровъ при умѣренномъ давленіи, то онъ забылъ упомянуть, что работалъ съ машиной достаточно охлажденной, благодаря силѣ, которую необходимо было затратить на производство первыхъ 3 литровъ; онъ пользовался охлажденіемъ, вызваннымъ предыдущими операціями, но, дѣлая это, онъ постепенно нагрѣвалъ машину, и она становилась неспособной продѣлать тотъ же процессъ вторично.

Мы можемъ уяснить себѣ принципъ этого процесса еще на другомъ болѣе простомъ примѣрѣ. Если сильно нагрѣть пустой паровой котель, и затѣмъ влить въ него нѣсколько литровъ воды, то благодаря теплотѣ металла образуется паръ, быть можетъ, очень высокаго давленія, но въ то же время металлъ охладится и сдѣлается непригоднымъ для повторенія той же операціи.

2. „Неисчерпаемый“ источникъ тепла.

Если поставить на столъ кружку горячей воды, то, какъ мы всѣ знаемъ, вода начнетъ охлаждаться и вскорѣ станетъ совсѣмъ холодной. Грѣлка (бутылка съ горячей водой) безпрестанно теряетъ теплоту, такъ что черезъ нѣкоторое время ее приходится мѣнять. Вообще тѣло, нагрѣтое больше окружающихъ предметовъ, сообщаетъ имъ избытокъ своей теплоты, пока всѣ вмѣстѣ не приобрѣтутъ одинаковой средней температуры.

Послѣ того какъ ледъ, согласно нашему опыту въ предпоследней главѣ, поддерживалъ въ теченіе нѣкотораго времени кипѣніе жидкаго воздуха, температура его понизилась до температуры самой жидкости, которой онъ передалъ весь свой избытокъ теплоты. Слѣдствіемъ этого является невозможность поддерживать кипѣніе болѣе продолжительное время.

Недавно общее вниманіе было возбуждено открытіемъ, которое какъ будто противорѣчило всѣмъ извѣстнымъ до сихъ поръ опытамъ. Если помѣстить радій въ жидкій воздухъ, какъ это дѣлалъ покойный проф. Кюри, то онъ сначала дѣйствуетъ, какъ ледъ и вызываетъ сильное кипѣніе. Затѣмъ внезапно кипѣніе значительно слабѣетъ и получается такое впечатлѣніе, какъ будто оно прекращается. Но въ дѣйствительности оно продолжается. Спустя даже 24 часа оно все еще происходитъ съ той же силой. Если испарившійся жидкій воздухъ каждый разъ снова замѣняется свѣжимъ, то мы найдемъ, что черезъ мѣсяць, черезъ годъ, повидимому, даже черезъ болѣе продолжительное время кипѣніе не прекращается. Радій, повидимому, никогда не охлаждается до температуры жидкаго воздуха, онъ какъ будто представляетъ собой неисощимый источникъ теплоты.

Явленіе было бы понятнымъ, если бы удалось установить какой-либо химическій или физическій процессъ, которымъ можно было бы объяснить постоянное выдѣленіе теплоты. Но несмотря на продолжительныя наблюденія надъ радіемъ, оказалось невозможнымъ при помощи самыхъ точныхъ вѣсовъ установить хотя бы малѣйшее измѣненіе въ вѣсѣ. Это явленіе кажется чудомъ; оно какъ будто проти-

ворѣчить закону сохраненія энергіи. Дѣло имѣеть такой видъ, какъ будто, наконецъ, найдена возможность осуществить *Perpetuum mobile*.

Спустя немного времени послѣ того, какъ явленія „радіоактивности“ привели въ изумленіе весь міръ, профессорамъ Макъ-Гилльскаго университета въ Монреалѣ, Рутерфорду и Содди, удалось найти объясненіе, которое принято въ настоящее время всѣми и подчиняетъ радій закону сохраненія энергіи. Этимъ мы займемся въ одной изъ послѣдующихъ главъ. Поэтому здѣсь достаточно будетъ ограничиться лишь нѣкоторыми указаніями. Допускаютъ, что атомы въ свою очередь состоятъ изъ болѣе мелкихъ частицъ или корпускулъ, которыя совершаютъ внутри атомовъ чрезвычайно энергичныя колебательныя движенія. Небольшая часть атомовъ всякаго вещества безпрестанно распадается на корпускулы. Радій отличается отъ другихъ тѣлъ лишь тѣмъ, что въ немъ это явленіе гораздо замѣтнѣе. Корпускулы и группы корпускулъ отдѣляются отъ вещества съ быстротой, соотвѣтствующей значительной энергіи, съ которой онѣ колеблются внутри атомовъ, т. е. со скоростью, измѣряемой тысячами километровъ въ секунду. Сталкиваясь другъ съ другомъ, онѣ выдѣляютъ количество теплоты, которое чрезвычайно велико по сравненію съ количествомъ теряемаго вещества. На основаніи этого допущенія теплота, испускаемая радіемъ, является естественнымъ слѣдствіемъ процесса, который отнюдь не стоитъ въ противорѣчій съ законами сохраненія вещества и энергіи. Потеря вещества происходитъ такъ медленно, что она остается незамѣтной за то короткое время, въ теченіе котораго радій до сихъ поръ наблюдали. „Активность“ радія замѣчательна въ томъ отношеніи, что энергія колебаній корпускулъ сравнительно небольшого числа атомовъ должна быть чрезвычайно велика.

3. Часы, которые никогда не останавливаются.

„Радіевы часы“, какъ ихъ нѣсколько фантастично прозвали, представляютъ собой открытіе Р. И. Штрутта. Они могутъ служить новымъ примѣромъ мнимаго „*Perpetuum mobile*“. На рис. 42 изображены такіе часы въ половину

своей натуральной величины. Они состоятъ изъ электроскопа, подвѣшеннаго на нижнемъ концѣ маленькой стеклянной трубки; въ послѣдней находятся слѣды радія. Трубка укрѣпляется въ безвоздушномъ стеклянномъ сосудѣ большого размѣра.

Къ „эманациямъ“ радія, т. е. къ мельчайшимъ количествамъ вещества, которыя, благодаря распаденію атомовъ, истекають отъ радія въ видѣ лучей по всѣмъ направленіямъ, принадлежать также „альфа-лучи“. Эти лучи неспособны проникнуть черезъ внутреннюю стеклянную стѣнку,

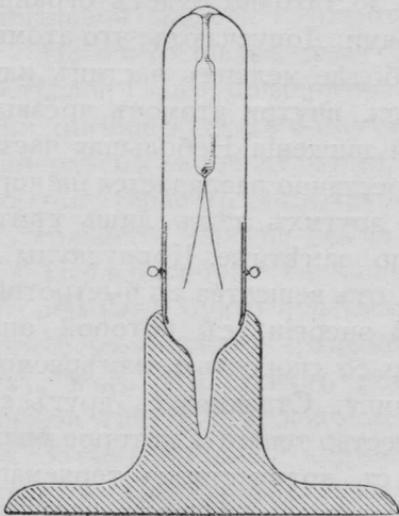


Рис. 42. Часы, дѣйствующіе при помощи радія.

какъ предполагають, вслѣдствіе того, что они состоятъ изъ сравнительно большихъ группъ отдѣляющихся корпускулъ. Далѣе отъ радія отдѣляются „бета-лучи“, всѣхъ частицъ которыхъ, какъ принимаютъ, составляетъ лишь $\frac{1}{2000}$ вѣса частицъ альфа-лучей и которые движутся въ 10 разъ быстрѣе этихъ послѣднихъ. Бета-лучи проникають черезъ стеклянные стѣнки и оставляють трубку съ радіемъ; частицы ихъ заряжены отрицательнымъ электричествомъ, кото-

рое онѣ уносятъ съ собой; частицы же альфа-лучей заряжены положительно. Слѣдствіемъ всего этого является накопленіе внутри трубки съ радіемъ положительнаго электричества, которое, по индукціи, вызываетъ накопленіе положительнаго электричества на листочкахъ электроскопа.

Когда такимъ образомъ оба листочка зарядятся однимъ и тѣмъ же электричествомъ, то они начинаютъ удаляться другъ отъ друга, подобно одинаковымъ полюсамъ магнита. По мѣрѣ увеличенія заряда возрастаетъ также разстояніе между листочками до тѣхъ поръ, пока они не прикоснутся къ двумъ металлическимъ пластинкамъ, прикрѣпленнымъ къ бокамъ трубки. Пластинки эти, соединенныя металли-

ческими проводами съ землю, разряжаютъ листочки, которые поэтому снова спадаютъ.

Но радій не отдыхаетъ, вскорѣ снова скопляется новый запасъ положительнаго электричества, и листочки снова расходятся, а затѣмъ снова опадаютъ.

Процессъ этотъ можетъ, повидимому, продолжаться безконечно не только мѣсяцы, но годы и сотни лѣтъ.

При этомъ не требуется никакой новой двигательной силы извнѣ, чтобы поддерживать движеніе. Не нужно ни жечь уголь, ни двигать динамомашину, ни вызывать треніе, ни сообщать прибору механическое движеніе. Здѣсь, слѣдовательно, мы какъ будто нашли *Perpetuum mobile*.

Приборъ этотъ называется часами, потому что движенія листочковъ происходятъ черезъ такіе же правильные промежутки времени, какъ удары часового маятника, и этимъ способомъ можно въ самомъ дѣлѣ устроить особаго рода часы.

Что же касается вѣчно дѣющагося движенія, то дѣло обстоитъ иначе. Теорія допускаетъ, что атомы безпрестанно распадаются и исчезаютъ; благодаря этой потерѣ, масса радія уменьшается, правда сначала въ незамѣтной степени.

Вычислили, что за 1000 лѣтъ такимъ путемъ распадется около половины массы радія, такъ что дѣйствіе известнаго количества радія спустя 1000 лѣтъ должно уменьшиться на половину. Отсюда слѣдуетъ, что часы, дѣйствующіе съ помощью радія, и построенные въ годъ рожденія Христа, въ настоящее время шли бы со скоростью, составляющей лишь $\frac{1}{4}$ первоначальной скорости.

УІІ. Магнитизмъ.

Притягиваніе безъ веревки.

Во всѣхъ явленіяхъ повседневной жизни, въ которыхъ можетъ итти рѣчь о дѣйствіи на разстояніи, мы имѣемъ дѣло съ отталкиваніемъ. Когда бросаютъ палку или камень, выпускаютъ стрѣлу или пулю, то дѣйствіе на предметъ прежде всего заключается въ томъ, что онъ отталкивается.

Можно опредѣлить это явленіе, какъ „посредственное отталкиваніе“, или „отталкиваніе на разстояніи“. Всякій понимаетъ это явленіе безъ дальнѣйшихъ объясненій. Даже нѣкоторыя животныя, а именно обезьяны научаются искусству „бросать“ и обнаруживаютъ „пониманіе“ этого явленія.

Иначе обстоитъ дѣло съ противоположнымъ явленіемъ съ „притяженіемъ на разстояніи“. Оно недоступно опыту всѣхъ существъ, за исключеніемъ образованныхъ людей. Чтобы достать плодъ съ дерева, мы пользуемся палкой, снабженной крючкомъ; чтобы причалить къ берегу, мы пользуемся багромъ; чтобы тянуть лодку—канатомъ; чтобы поднять уголь, мы беремъ веревку; чтобы поднять ведро изъ колодца, употребляемъ цѣпь или канатъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ нельзя говорить о притяженіи на разстояніи, такъ какъ мы какъ бы перебрасываемъ мостъ черезъ промежуточное разстояніе.

Вслѣдствіе этого безпредѣльно велико удивленіе ребенка, когда онъ впервые видитъ магнитную утку, которую тянуть безъ веревочки однимъ только приближеніемъ магнита. Его опытъ обогащается явленіемъ совершенно новаго рода.

Въ дальнѣйшей жизни мы все болѣе привыкаемъ къ мысли о „притяженіи на разстояніи“. Въ извѣстномъ смыслѣ сюда можно уже причислить „всасываніе“ воды насосомъ.

Чѣмъ больше увеличиваются наши познанія, тѣмъ больше мы встрѣчаемъ примѣровъ этого явленія. Всѣ тѣла извѣстнаго намъ міра, повидимому, притягиваютъ другъ друга. Мы видимъ, какъ камень падаетъ на землю, какъ луна удерживается на опредѣленномъ разстояніи отъ земли, вмѣсто того, чтобы прямолинейно удалиться отъ нея. Повсюду во вселенной мы наблюдаемъ такія же явленія, короче, мы познаемъ Ньютоновъ законъ всеобщаго притяженія массъ или всемірнаго тяготѣнія. Наконецъ, мы научаемся направлять при помощи Герцовскихъ волнъ пароходы къ берегу, съ которымъ они не связаны никакой видимой матеріальной связью.

Что касается такъ называемаго „всасывающаго“ насоса (рис. 43), то, какъ извѣстно, сила, при помощи кото-

рой поршень *A* подымаетъ воду въ *B* на извѣстную высоту, отнюдь не есть какая-нибудь таинственная сила. Поршень подымаетъ лишь воздухъ, который иначе давилъ бы съ силой въ 1 килограммъ на каждый квадратный сантиметръ водяной поверхности. На остальную же поверхность воды въ *C* воздухъ продолжаетъ оказывать это давленіе, и въ виду извѣстнаго свойства жидкости, давленіе это распространяется равномерно по всѣмъ направленіямъ, а слѣдовательно и вверхъ. Благодаря этому давленію вода въ *B* гонится вверхъ, такъ какъ противоположное давленіе сверху внизъ устраняется поршнемъ. Вода въ *B* поднимается, слѣдовательно, благодаря давленію, которое она испытываетъ снизу, а не вслѣдствіе того, что ее тянуть сверху.

Итакъ здѣсь мы имѣемъ тотъ случай, когда явленіе, которое намъ кажется притягиваніемъ или всасываніемъ, въ дѣйствительности объясняется не прямымъ толканіемъ.

Дѣйствія всѣхъ такъ называемыхъ приспособленій для сосанія, какъ, напримѣръ, извѣстной дѣтской игрушки, подушечекъ на ножкахъ мухи, чубука для втягиванія дыма,

соломинки, съ помощью которой можно тянуть маленькими глотками напитки, — дѣйствіе всѣхъ ихъ объясняется при ближайшемъ изслѣдованіи подобнымъ же образомъ, а именно увеличеніемъ или уменьшеніемъ давленія въ одномъ направленіи. Перейдемъ теперь къ болѣе трудному случаю, а именно къ случаю, который обыкновенно возбуждаетъ наивысшій интересъ и изумленіе маленькихъ философовъ. Въ чашкѣ съ водой, стоящей на столѣ, плаваетъ пара утокъ и лебедей. Ребенокъ приближаетъ таинственный кусокъ стали, который, какъ ему сказали, называется „магнитомъ“, и—о чудо!—лебеди и утки послушно слѣдуютъ за

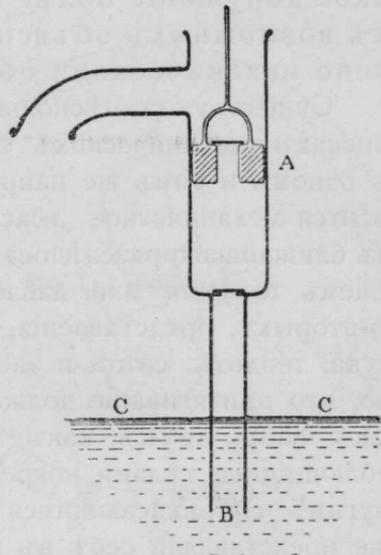


Рис. 43. Всасывающій насосъ.

волшебной палочкой. Кусочекъ желѣзной проволоки, которую мастеръ воткнулъ имъ въ клювъ, навсегда подчиняетъ ихъ власти магнита, „притягивающаго“ желѣзо. Возникаетъ вопросъ: дѣйствительно ли здѣсь дѣло идетъ о „притяженіи на разстояніи“? Или же, мы здѣсь, какъ и во всасывающемъ насосѣ, имѣемъ въ дѣйствительности дѣло съ рядомъ толчковъ, или давленіемъ, которое какъ бы дѣйствуетъ позади тѣла и приближаетъ его къ другому тѣлу? Наблюденіе не даетъ отвѣта на этотъ вопросъ. Но можно спросить далѣе: какое допущеніе болѣе вѣроятно и какое изъ обоихъ возможныхъ объясненій можетъ быть представлено механическими образами?

Существуютъ нѣсколько группъ явленій, которыя при поискахъ механическихъ представленій всѣ ведутъ насъ въ одномъ и томъ же направленіи. Прежде всего сюда относится механическое „всасываніе“; какъ мы уже знаемъ изъ ближайшаго разслѣдованія, всасываніе оказывается слѣдствіемъ толканія или давленія, — именно давленія воздуха. Во-вторыхъ, представленія, которыя мы имѣемъ о природѣ звука, теплоты, свѣта и электричества, ведутъ къ допущенію, что притягиваніе должно быть объяснено толканіемъ. Такъ напр., звукъ, какъ доказано, распространяется колеблющимися тѣлами посредствомъ толчковъ, сообщаемыхъ другимъ, соприкасающимся съ ними тѣламъ. Теплоту мы уже представляли себѣ въ предыдущихъ главахъ, какъ колебательное движеніе молекулъ, которое переносится на другія тѣла тоже путемъ колебаній и толчковъ. Происхожденіе и распространеніе свѣта мы также объясняемъ себѣ волнообразными колебаніями (а именно очень тонкаго, проникающаго всѣ тѣла вещества—мірового эѳира). Къ свѣту примыкаетъ электричество, явленія котораго представляютъ многочисленныя аналогіи съ другими группами явленій. Мы знаемъ далѣе, что въ электромагнитѣ магнитная энергія обусловливается электрическими токами, которые текутъ по проволокаѣ вокругъ желѣзнаго стержня. Такимъ образомъ явно видно, что магнитная энергія обусловливается энергіей электрическихъ колебаній въ проволокаѣ. Такъ какъ проволока не касается магнита, то мы должны допустить, что колебанія переносятся съ проволоки на желѣзо при

посредствѣ какой-то промежуточной среды (можетъ быть эѳира). Весьма вѣроятно, что превращеніе куска мягкаго желѣза въ магнитъ обусловливается особаго рода колебаніями мельчайшихъ частицъ желѣза. Повсюду, какъ мы видимъ, въ основѣ лежитъ представленіе о колебательномъ движеніи и толчкахъ.

Къ тому же вполне возможно представить себѣ механизмъ, который съ помощью колебаній и толчковъ приближаетъ удаленные предметы другъ къ другу, между тѣмъ какъ намъ не удастся представить себѣ, чтобы дѣйствительное притяженіе на разстояніи могло быть вызвано путемъ механическихъ процессовъ. Конечно, допущеніе вовсе не должно быть безусловно истиннымъ только потому, что мы его можемъ себѣ представить, или ложнымъ потому, что мы не можемъ его себѣ представить. Но если изъ двухъ противоположныхъ объясненій даннаго явленія одно согласно съ постепенно развивавшимися основами науки, между тѣмъ какъ другое имъ противорѣчитъ, то есть основаніе предпочесть первое. Это имѣетъ мѣсто, какъ мы видѣли, при объясненіи магнитнаго притяженія при помощи ряда толчковъ.

Что дѣйствительно возможно придумать приборы, осуществляющіе посредствомъ толчковъ то, что намъ кажется дѣйствиємъ на разстояніи, можно видѣть изъ слѣдующаго примѣра. Допустимъ, что *A* и *B* (рис. 44) представляютъ собой двѣ частички матеріи, а остальные части кольца—частички окружающей ихъ среды, на примѣръ, эѳира. Видъ частичекъ эѳира сбоку представленъ на рисункѣ въ увеличенномъ размѣрѣ внутри кольца. *C* и *D* представляютъ

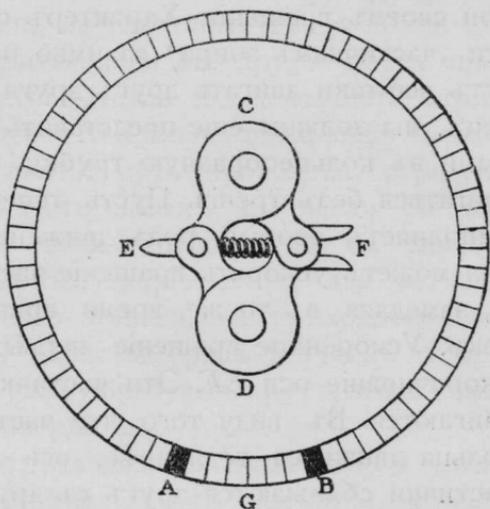


Рис. 44. Къ объясненію притяженія путемъ отталкиванія.

части, связанныя другъ съ другомъ на подобіе колѣнъ центробѣжнаго регулятора. Когда частичка ээира движется вокругъ своей горизонтальной оси, то массы въ *C* и *D* вслѣдствіе дѣйствія центробѣжной силы стремятся двигаться въ стороны. При этомъ онѣ сжимають спиральную стрѣлку по серединѣ. Стремленіе массъ *C* и *D* двигаться наружу и натяженіе стрѣлки постоянно уравниваютъ другъ друга. Смотря по скорости вращенія концы *E* и *F* приближаются другъ къ другу или удаляются другъ отъ друга. Въ *E* и *F* находятся приспособленія для соединенія (гнѣздо и втулка), благодаря которымъ частички могутъ вліять другъ на друга при своемъ вращеніи. Характеръ связи не даетъ возможности „частичкамъ ээира“ взаимно притягиваться; но онѣ могутъ все-таки двигать другъ друга путемъ толчковъ. Наконецъ, мы должны еще представить себѣ частички заключенными въ кольцеобразную трубку, въ которой онѣ могутъ двигаться безъ тренія. Пусть теперь частичка вещества *A* выполняетъ особый родъ движенія, при помощи котораго она можетъ ускорять вращеніе частичекъ среды между *A* и *B*, замедляя въ то же время вращеніе остальныхъ частичекъ. Ускоренное вращеніе первыхъ частичекъ вызываетъ укорачиваніе оси *EF*. Эти частички такимъ образомъ раздвигаются. Въ виду того, что частички въ большей части кольца движутся медленнѣе, ось *EF* здѣсь удлинняется, и частички сближаются другъ съ другомъ. Частички ээира въ большей части кольца давятъ сильнѣе на частички матеріи *A* и *B*, чѣмъ частички ээира между *A* и *B*. Вслѣдствіе этого *A* и *B* должны сблизиться. Какъ мы видимъ, ихъ не тянутъ, а онѣ сближаются благодаря толчкамъ со стороны промежуточныхъ частицъ среды. То, что въ дѣйствительности есть дѣйствіе толчка, кажется намъ притяженіемъ, если мы не знаемъ механизма движенія.

Едва ли нужно подчеркивать, что сказанное нами отнюдь не есть предположеніе о дѣйствительномъ характерѣ связи между матеріей и ээиромъ, или о способахъ дѣйствія электричества и магнетизма. Отношенія эти въ дѣйствительности гораздо сложнѣе. Всякій атомъ вещества нужно разсматривать, какъ группу корпускулъ (ср. стр. 127). Движенія этихъ послѣднихъ по своей сложности могутъ быть

сравниваемы съ движеніями солнечной системы. Возможно что строеніе частичекъ ээира проще, но все же оно далеко отъ того, чтобы быть дѣйствительно простымъ. Далѣе, направленія, по которымъ дѣйствуютъ частички, не ограничиваются, разумѣется, кольцомъ или какимъ-нибудь числомъ колець, а напротивъ того расходятся на подобіе лучей во всѣ стороны. Цѣлью нашего примѣра было только показать, что возможно придумать механическія приспособленія, дѣйствіе которыхъ производитъ впечатлѣніе притяженія, между тѣмъ какъ оно есть не что иное, какъ толчокъ.

Представляется ли одинаково возможнымъ придумать приборы, въ которыхъ тѣла, не связанныя тѣсно другъ съ другомъ, дѣйствительно притягивали бы другъ друга при помощи механическихъ силъ? Отвѣтъ долженъ быть отрицательнымъ. Единственныя средства тянуть тѣла, какія только мы можемъ себѣ представить, суть проволока, веревка, крючокъ, цѣпь и т. д. Но тѣмъ самымъ мы ввели бы въ разсмотрѣніе матеріальныя связи, которыя мы съ самага начала должны исключить. Вслѣдствіе этого, для нагляднаго изображенія магнитнаго притяженія приходится его разсматривать лишь какъ слѣдствіе ряда толчковъ, которые внѣ притягиваемыхъ тѣлъ образуютъ кругъ; это весьма схематично представлено на рис. 44.

Остается еще разсмотрѣть явленія всемірнаго притяженія массъ или тяготѣнія. Какъ извѣстно, всякое тѣло во вселенной какъ бы притягиваетъ всякое другое, на какомъ бы разстояніи это послѣднее ни находилось; поэтому тамъ, гдѣ другія вліянія не парализуютъ этого дѣйствія, тѣла въ концѣ концовъ соединяются другъ съ другомъ. Ближайшимъ примѣромъ тому можетъ служить паденіе тѣлъ на землю. Возможно ли представить и это тяготѣніе какъ слѣдствіе ряда толчковъ?

Изъ теорій притяженія массъ единственной наиболѣе согласной съ фактами и не содержащей противорѣчій является теорія Лесажа. Она принимаетъ, что помимо частичекъ вещества пространство состоитъ еще изъ маленькихъ быстро движущихся частичекъ (именно ээира), которыя подобно молекуламъ газа движутся по всѣмъ направленіямъ и часто сталкиваются другъ съ другомъ и другими тѣлами.

Онѣ толкають поэтому каждый предметъ по всѣмъ направленіямъ, и въ общей сложности ихъ дѣйствія взаимно уничтожаютъ другъ друга. Когда же два тѣла расположены близко другъ возлѣ друга, они защищаютъ другъ друга отъ многихъ толчковъ, которымъ они иначе подверглись бы. При прежнемъ числѣ толчковъ они притягивались бы другъ къ другу и отталкивались бы съ одинаковой энергіей, теперь же преобладаетъ „энергія притяженія“. Такимъ образомъ они подталкиваютъ другъ друга. Мы же говоримъ: „они взаимно притягиваютъ другъ друга“. Математически легко показать, что сила, съ которой они притягиваются другъ къ другу, обратно пропорціональна квадрату разстоянія. Отсюда непосредственно получается извѣстный законъ тяготѣнія.

Теорія эта имѣеть нѣкоторыя слабыя стороны, и авторъ англійскаго изданія этой книги предложилъ въ своей книгѣ о радіи улучшенія, которыя должны укрѣпить указанную теорію и согласовать ее съ новѣйшими представленіями о строеніи матеріи. Одно можно утверждать безусловно, а именно, что теорія Лесажа даетъ единственное понятное и пригодное объясненіе тяготѣнія.

Такимъ образомъ и въ этомъ случаѣ то, что мы называемъ притяженіемъ, не должно разсматриваться, какъ нѣкоторая особая сила, а лишь какъ особый случай косвеннаго дѣйствія толчковъ. Тѣмъ же принципомъ можно, вѣроятно, воспользоваться и для объясненія силы сцѣпленія, т. е. притяженія мельчайшихъ частичекъ, когда онѣ находятся въ чрезвычайно близкомъ соприкосновеніи; такимъ же образомъ объясняется крѣпость желѣза и прочность шелковой нити.

Мы имѣемъ поэтому нѣкоторое основаніе принять, что притяженія всякаго рода, начиная отъ Ньютонова всеобщаго тяготѣнія и кончая явленіями сцѣпленія, магнетизма и химическаго средства могутъ быть истолкованы, какъ косвенное дѣйствіе ряда толчковъ. Въ такомъ случаѣ мы прійдемъ къ выводу, что притяженіе въ обыкновенномъ смыслѣ слова не существуетъ вовсе въ качествѣ особой формы энергіи: оно есть лишь особый случай энергіи толчковъ.

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ.

Химическіе парадоксы.

I. Замѣчательныя химическія соединенія.

1. Огонь въ качествѣ источника воды.

Мы привыкли связывать теплоту, и въ особенности пламя съ представленіемъ о совершенной сухости; фактически же пламя постоянно доставляетъ воздуху влагу. Въ этомъ можно убѣдиться на слѣдующемъ опытѣ.

ABC (рис. 45) представляетъ тонкостѣнную мѣдную трубку, наполненную кусками льда и водой. Внѣшняя трубка можетъ быть изготовлена изъ какого угодно матеріала; между нею и внутренней трубкой находится свободное пространство. Если трубка *DE* также приготовлена изъ мѣди, то можно надрѣзать верхній край на 2—3 сантим. отъ конца и отогнуть края внутрь для того, чтобы они помогали поддерживать верхній край внутренней трубки; слѣдуетъ только позаботиться о свободномъ выходѣ для газовъ, образующихся при горѣннн пламени (*B*) бунзеновской горѣлки или спиртовой лампочки. Если держать приборъ надъ такимъ пламенемъ, то очень скоро на внѣшней сторонѣ внутренней трубки появится роса. Капельки скоро собираются въ большія капли, которыя стекаютъ внизъ по трубкѣ и падаютъ въ *B* либо въ пламя, которымъ онѣ уничтожаются, либо въ какой либо резервуаръ, въ которомъ и скопляются.

Приспособленія для этой цѣли могутъ быть и другого рода, только цѣль наша заключается въ томъ, чтобы путемъ охлажденія сгустить возникающій въ пламени водяной паръ. Внутренняя трубка можетъ быть, на примѣръ, приготовлена изъ куска свинцовой трубки, которую на одномъ концѣ задрѣзываютъ ударами молотка, или же изъ большого

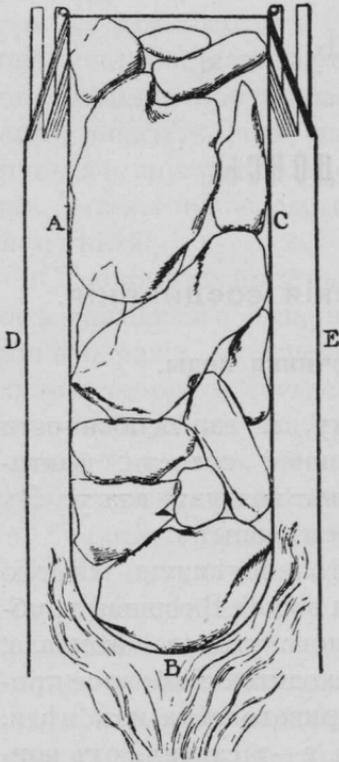


Рис. 45. Возникновеніе воды изъ пламени.

реактивного стакана. Наоборотъ, внѣшняя трубка, которая служитъ для собиранія газовъ, образующихся при горѣніи, и для проведенія ихъ вдоль внутренней трубки не безусловно необходима. Тотъ же результатъ можетъ быть полученъ при помощи всякаго холоднаго предмета (клинка ножа или стекла), если подержать его съ минутой надъ пламенемъ; тотчасъ же можно будетъ замѣтить, какъ поверхность предмета покроется налетомъ влаги. Имѣя дѣло съ обыкновеннымъ пламенемъ газа, свѣчи или керосиновой лампы, слѣдуетъ остерегаться держать предметъ въ самомъ пламени: охлажденіе препятствуетъ полному сгоранію горючаго матеріала вслѣдствіе чего появляется осадокъ черного угля, который называется сажей. Если воздухъ снаружи холоднѣе, то на оконныхъ стеклахъ, какъ извѣстно, легко осаждается влага: „окна потѣютъ“;

это есть водяные пары, которые выдѣлились при дыханіи и сгустились на внутренней сторонѣ оконныхъ стеколъ. То же явленіе можно наблюдать и въ томъ случаѣ, когда никто въ комнатѣ не дышитъ, но въ ней горитъ достаточное количество лампъ или свѣчей, и продукты ихъ сгоранія скопляются въ комнатѣ.

Изъ всѣхъ этихъ наблюденій слѣдуетъ, что въ пламени дѣйствительно возникаетъ вода. Какимъ образомъ это

объясняется?—Сгорание есть быстрое, сопровождающееся выделением теплоты соединением различных веществ с кислородом воздуха. Почти все горючие вещества содержат углерод или водород или тот и другой вместе. Часто к ним присоединяются еще и другие элементы. Когда углерод соединяется с кислородом, мы получаем углекислоту. Результатом же соединения водорода с кислородом является вода, и так как водород почти всегда содержится в горючих материалах, то из пламени обыкновенных горючих материалов действительно всегда получается вода. Можно было бы ожидать, что это явление должно наблюдаться очень часто. Но в виду того, что теплый воздух и теплые газы могут поглощать огромные количества невидимого водяного пара, оказывается, что вода, хотя и возникает всегда в пламени, не легко может быть обнаружена.

2. Вода как источник теплоты.

Тот факт, что вода, которую обыкновенно употребляют для тушения огня, может оказаться в состоянии сама вызвать его и поддерживать, должен казаться очень странным. Все же это в известном смысле верно.

Вода состоит из двух объемов газа водорода и одного объема кислорода. Кислород является элементом, который легко соединяется с натрием и калием, настолько легко, что если бросить тот или другой на воду, то кислород отделяется от водорода, с которым он связан в воде, и водород становится свободным.

Мы знаем, что если два тела с силой ударяются друг о друга, то в результате толчка развивается теплота. Если, например, поместить небольшой кусок железа между молотом и наковальней, то ударами молота можно накаливать его до-красна.

Подобным же образом вообще развивается теплота, когда сталкиваются между собой и вступают в химическое соединение атомы элементов, находящихся в химическом сродстве.

В нашем примере соединение кислорода с натрием и калием происходит так энергично и сопровождается

развитіемъ такого большого количества теплоты, что выдѣляющийся водородъ (въ случаѣ каля всегда, въ случаѣ же натрія очень часто) загорается. Такимъ образомъ благодаря дѣйствию воды на эти металлы фактически получается теплота и даже пламя.

Алкоголь, представляющій, какъ извѣстно, еще и въ другомъ смыслѣ чрезвычайно большой источникъ тепла, отнюдь не всегда охлаждается, если прилить къ нему воды. Если прилить къ одной части чистаго алкоголя одну часть воды, которая ни теплѣе ни холоднѣе алкоголя, и смѣшать обѣ жидкости, то получится замѣтное повышеніе температуры.

Это явленіе выражается еще рѣзче при смѣшеніи воды съ сѣрной кислотой или при раствореніи ѣдкаго кали или ѣдкаго натра въ водѣ.

Развивающееся при этомъ количество теплоты такъ велико, что стеклянный сосудъ можетъ при этомъ лопнуть. Получающіяся этимъ путемъ жидкости въ такой мѣрѣ ѣдки, что слѣдуетъ быть чрезвычайно осторожнымъ и производить опытъ въ подходящемъ мѣстѣ. Если налить въ крѣпкую сѣрную кислоту нѣсколько капель или небольшое количество воды, то вода столь внезапно и столь сильно нагрѣется, что вслѣдствіе быстрого испаренія происходитъ своего рода взрывъ, при чемъ иногда выбрасывается нѣкоторая часть ѣдкой жидкости.

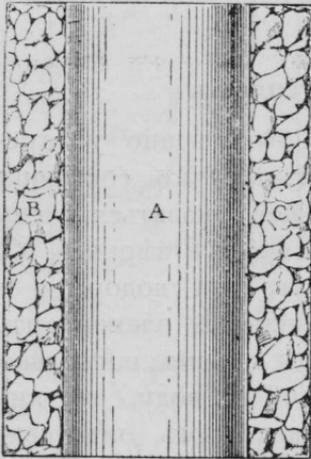


Рис. 46. Приспособленіе для нагрѣванія пищи при помощи извести и воды.

Необходимо поэтому готовить смесь такимъ образомъ, что вливають медленно и осторожно сѣрную кислоту въ воду, а не наоборотъ.

Сравнительно часто представляется возможность убѣдиться въ томъ, что если наливать воду на жженную известь, то она выдѣляетъ теплоту. Нерѣдко можно даже наблюдать на постройкахъ, какъ вода такимъ путемъ закипаетъ. Этимъ методомъ пользуются съ недавняго времени въ мѣстахъ,

гдѣ не хватаетъ топлива для того, чтобы нагрѣвать пищу. Кушанье помѣщается въ оловянный сосудъ *A* (рис. 46); Этотъ послѣдній заключенъ въ другой герметически закрытый сосудъ, содержащій жженную известь.

Если мы желаемъ получить теплую пищу, то открываемъ внѣшній сосудъ и наливаемъ на известь воду. При соединеніи этихъ двухъ тѣлъ выдѣляется достаточно теплоты, чтобы значительно поднять температуру внутренняго сосуда.

Еще болѣе замѣчательные результаты можно получить, если лить воду на баритъ. Баритъ представляетъ собой тѣло съ такими же свойствами, какъ и известь. Если наполнить не легко лопающійся стеклянный сосудъ совершенно сухими кусочками барита и налить воды, то теплота, которая образуется при соединеніи барита съ водой, скоро доводитъ воду до кипѣнія; спустя немного времени можно видѣть черезъ стекло, какъ нѣкоторые кусочки барита накаляются до-красна и такое значительное количество тепла мы получимъ съ помощью холодной воды!

Такимъ же точно образомъ можно наблюдать часто, какъ юные энтузіасты приходятъ въ пламенную ярость, когда какой-нибудь изъ ихъ любимыхъ плановъ уничтожается струей холодной воды.

3. Тѣла, одинаковыя по составу, но различныя по свойствамъ.

Люди, не знающіе химіи, въ высшей степени удивляются, когда узнаютъ, что одинъ и тотъ же элементъ можетъ принимать совершенно различныя формы.

Хотя мы очень скоро привыкаемъ, но вначалѣ намъ кажется очень страннымъ, что элементъ, соединяясь съ другимъ, совершенно мѣняетъ свой характеръ. Кислородъ, который мы вдыхаемъ въ видѣ газа изъ воздуха, образуетъ въ соединеніи съ другимъ газомъ, водородомъ, жидкую воду, которую мы пьемъ, а въ соединеніи съ твердымъ тѣломъ—кремніемъ (силицій)—твердый кварцъ, кремень или песокъ.

Элементъ можетъ измѣнить свой видъ и свойства, и не соединяясь съ другими элементами. Такъ обстоитъ, на-

примѣръ, дѣло съ кислородомъ. Химики пришли къ той мысли, что всякая молекула кислорода состоитъ изъ двухъ атомовъ. Когда же соединяются другъ съ другомъ три атома, то получается совершенно другой газъ, а именно озонъ.

Извѣстно, что сѣра встрѣчается въ видѣ желтыхъ кристалловъ, которые при томъ бываютъ въ двухъ совершенно различныхъ формахъ; но кромѣ того сѣра извѣстна въ видѣ мягкой липкой массы, которую называютъ аморфной сѣрой. Фосфоръ встрѣчается въ видѣ желтаго твердаго тѣла, которое можно рѣзать ножомъ; въ такомъ видѣ онъ очень ядовитъ и такъ легко воспламеняется, что часто загорается безъ нагрѣванія извнѣ. Но извѣстенъ также и красный фосфоръ, неядовитый и съ трудомъ воспламеняющійся.

Такого рода различныя формы одного и того же вещества называютъ аллотропическими формами. Наиболее замѣчательнымъ примѣромъ такихъ формъ является углеродъ, который извѣстенъ подъ видомъ алмаза, графита и искусственнаго аморфнаго углерода (сажи). Что эти три вещества представляютъ собой одинъ и тотъ же элементъ, видно изъ того, что при сгораніи всѣхъ трехъ тѣлъ получается одно и то же вещество, а именно углекислота. При этомъ оказывается также, что одинаковыя вѣсовыя количества трехъ формъ углерода при сгораніи даютъ одинаковыя количества углекислоты. Напротивъ того, возникающая при этомъ тепловая энергія различна. Аморфный углеродъ выдѣляетъ наибольшее количество теплоты, алмазъ—наименьшее.

Въ виду того, что и угли (каменный уголь, антрацитъ) состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода, то къ нимъ съ извѣстнымъ правомъ можетъ быть примѣнено полушутливое названіе „черные алмазы“.

То, что мы видѣли относительно элементовъ, справедливо и относительно химическихъ соединеній; въ этомъ случаѣ явленіе обозначается терминомъ изомерія. Такъ, напримѣръ, газъ ацетиленъ и жидкость бензолъ состоятъ изъ однихъ и тѣхъ же элементовъ, находящихся въ одинаковомъ вѣсовомъ отношеніи. Различіе ихъ свойствъ зависитъ

лишь оттого, что молекулы ихъ различной величины и различнаго строенія.

Существуютъ также три рода винной или винно-каменной кислоты, которые всѣ содержатъ одинаковыя количества углерода, водорода и кислорода. И все таки каждая изъ нихъ дѣйствуетъ иначе на поляризованный свѣтъ. Растворъ одного изъ нихъ вращаетъ плоскость поляризаціи вправо, растворъ другого—влѣво, между тѣмъ какъ третій видъ кислоты вовсе не вращаетъ плоскости поляризаціи.

Декстроза (виноградный сахаръ) есть родъ сахара, получившій свое названіе оттого, что онъ вращаетъ плоскость поляризаціи вправо ¹⁾. Онъ получается изъ сладкихъ плодовъ. Въ нихъ находится такое же количество другого сахара, носящаго названіе левулезы (фруктоваго сахара), такъ какъ онъ вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво. Эти оба вида сахара состоятъ изъ молекулъ, изъ которыхъ каждая содержитъ шесть атомовъ углерода, шесть атомовъ кислорода и двѣнадцать атомовъ водорода.

Терпентинное, лимонное и лавандное масла всѣ содержатъ въ качествѣ главныхъ составныхъ частей такія вещества, молекулы которыхъ состоятъ изъ десяти атомовъ углерода и шестнадцати атомовъ водорода, и все же эти вещества совершенно отличны другъ отъ друга.

Мы видимъ такимъ образомъ, что мать-природа приготовляетъ въ своей кухнѣ изъ однихъ и тѣхъ же снадобій, взятыхъ въ равныхъ количествахъ, очень разнообразныя блюда. И при томъ эти снадобья такъ мало измѣняются, что ихъ можно снова вернуть въ то состояніе, въ которомъ они находились до варки.

¹⁾ dexter—правый, laevus—лѣвый.

II. Раепаденіе атомовъ.

1. Философскій камень.

Въ средніе вѣка много искали „философскій камень“,— то таинственное вещество, которое въ состояніи было бы своимъ прикосновеніемъ превратить всѣ металлы и даже всѣ вещи въ золото. Поэтому алхимики прежде всего старались познакомиться со всѣми средствами, которыя способны превращать одно вещество въ другое. Они были вполне увѣрены въ силѣ своего искусства, такъ какъ, по ихъ мнѣнію, дѣло заключалось лишь въ томъ, чтобы проникнуть въ тайны его. О границахъ же этого искусства они имѣли очень слабое представленіе.

Ихъ вѣра въ неограниченную измѣняемость свойствъ тѣлъ должна была быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ многочисленнѣе становились чудесныя измѣненія, дѣйствительно открытыя благодаря ихъ стараніямъ. Послѣ того, какъ увидѣли, что возможно превратить твердые металлы золото и серебро въ свѣтлыя жидкости и получить ихъ обратно изъ этихъ жидкостей, естественно было повѣрить, что человѣческому умѣнію въ этомъ отношеніи не положено границъ.

Лишь современная химія научила насъ понимать, что тѣла всегда остаются тѣмъ, что они есть, и никогда не могутъ сдѣлаться ничѣмъ другимъ. Расплавляется ли серебро или вновь осаждается изъ раствора, соединяется ли оно съ другими веществами или отдѣляется отъ нихъ, является ли оно въ твердомъ и непрозрачномъ или жидкомъ и прозрачномъ видѣ,—во всѣхъ этихъ превращеніяхъ остается неизмѣннымъ первоначальное количество серебра, и надлежащими приѣмами всегда можно снова получить эту опредѣленную массу серебра. Ни одно зернышко изъ центнера серебра не можетъ быть превращено въ другой металлъ точно такъ же, какъ никакая крупинка другого металла не можетъ превратиться въ серебро.

Наши свѣдѣнія о составѣ тѣлъ въ мірѣ неизмѣримо упростились, когда было найдено, что сложныя тѣла, которыя насъ окружаютъ, могутъ быть разложены приблизи-

тельно на 70 простыхъ тѣлъ, называемыхъ элементами, и образующихъ своими различными соединеніями всѣ разнообразныя окружающія насъ тѣла.

И чѣмъ глубже проникало изслѣдованіе, тѣмъ болѣе прочнымъ становилось убѣжденіе, что всякій элементъ вѣчно неизмѣняемъ, что ни одинъ элементъ никакими средствами не можетъ быть превращенъ въ другой элементъ.

Въ тѣсной связи съ этимъ развилось ученіе объ атомахъ, мельчайшихъ частицахъ элемента, которыя, какъ показываетъ самое названіе, считались недѣлимыми и вѣчными. Ученіе о неизмѣняемости атомовъ, какъ легко видѣть, заключаетъ въ себѣ ученіе о неизмѣняемой природѣ элементовъ. И это ученіе, важнѣйшую основу новой химіи, достигшей такой высокой степени развитія, новѣйшая химія собирается снова отчасти отвергнуть.

Изслѣдованія, вызванныя замѣчательными свойствами радія, привели къ тому заключенію, что часть атомовъ, изъ которыхъ состоятъ элементы, постоянно распадается на болѣе мелкія части, корпускулы, и удивительныя свойства радія, которыми онъ отличается отъ другихъ тѣлъ, могутъ быть приписаны тому обстоятельству, что въ немъ это распаденіе атомовъ принимаетъ большіе размѣры.

Въ такомъ случаѣ возникаютъ слѣдующіе вопросы: что происходитъ съ тѣми частями, которыя освобождаются благодаря распаденію атомовъ? И что происходитъ съ оставшимися частями? Частичное рѣшеніе перваго вопроса мы получили нѣсколько лѣтъ тому назадъ отъ лондонскаго физика Вильяма Рамсая. Этотъ изслѣдователь помѣстилъ въ маленькую трубку небольшое количество продуктовъ распада, такъ называемыхъ „эманаций“ радія. Когда спустя недѣлю онъ изслѣдовалъ содержимое трубки при помощи спектроскопа, то нашелъ, что спектръ измѣнился, и въ немъ ясно выступали линіи, до тѣхъ поръ невидимыя, по которымъ можно было судить о присутствіи газа гелія. Рамсей самъ открылъ этотъ элементъ на землѣ за нѣсколько лѣтъ до этого опыта, послѣ того какъ спектральныя изслѣдованія солнечной атмосферы давно уже привели къ заключенію, что въ ней существуетъ неизвѣстный еще на землѣ элементъ,—именно этотъ самый гелій.

Такимъ образомъ въ теченіе недѣли радій превратился въ гелій. Въ виду же того, что радій и гелій по своимъ химическимъ и физическимъ свойствамъ должны считаться различными элементами, мы, слѣдовательно, имѣемъ здѣсь примѣръ превращенія однихъ элементовъ въ другіе. Мечта алхимиковъ отыскать „философскій камень“, хотя въ другомъ смыслѣ, все же осуществилась.

Куда приведутъ насъ изслѣдованія въ этомъ направленіи, — сумѣемъ ли мы со временемъ съ такою же легкостью превращать одинъ элементъ въ другой, съ какою мы теперь разлагаемъ химическія соединенія на ихъ элементы или получаемъ ихъ изъ элементовъ, — кто въ состояніи отвѣтить на эти вопросы? Слѣдующая глава имѣетъ цѣлью познакомить насъ еще съ нѣкоторыми относящимися сюда явленіями.

2. Всеобщее превращеніе элементовъ.

Процессъ распаденія радія далеко не простъ. Не только нѣкоторыя группы корпускулъ, выбрасываемыя распадающимся атомомъ радія, превращаются въ атомы гелія, но и оставшаяся часть тоже испытываетъ дальнѣйшія измѣненія, проходя черезъ различныя стадіи, изъ которыхъ наиболѣе постояннымъ, какъ кажется, является свинецъ. Радій самъ, какъ оказывается, въ свою очередь есть продуктъ распаденія урана. Такимъ образомъ мы видимъ четыре различныхъ элемента, которые генетически связаны между собой.

Дальнѣйшія изслѣдованія показали, что на ряду съ другими извѣстными уже радиоактивными тѣлами (уранъ, торій, полоній, актиній), подвергающимся измѣненіямъ, сходнымъ съ измѣненіями радія, и на ряду съ другими, которые открываются въ настоящее время или должны быть открыты, — еще многія хорошо извѣстныя вещества при болѣе детальномъ изслѣдованіи тоже обнаруживаютъ явленія сходныя съ радиоактивными явленіями, хотя и въ болѣе слабой степени. Мы вынуждены поэтому допустить, что и они подвергаются сходнымъ измѣненіямъ. Ртуть и мѣдь обнаруживаютъ совершенно ясныя признаки этого рода и по мѣрѣ

усовершенствованія методовъ наблюденія замѣчается, что ни одинъ элементъ не свободенъ отъ такихъ превращеній. Такимъ образомъ, повидимому все находится въ состояннн распада и превращенія. Твердый алмазь, крѣпкое желѣзо, массивный гранитъ, ничто не составляетъ исключенія въ этомъ процесѣ общаго разрушенія. Природа дѣйствуетъ медленно, но вѣрно. И по прошествнн достаточнаго числа милліоновъ столѣтій, всѣ атомы нашего міра, быть можетъ, расплытятся, чтобы образовать новую отличную отъ нашей вселенную.

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ.

Биологическіе парадоксы.

I. Нѣчто о строеніи тѣла человѣка и животныхъ.

1. Лошадь въ качествѣ балетной танцовщицы.

Наблюденіе надъ нашимъ тѣломъ и тѣломъ животныхъ неизбѣжно обнаруживаетъ сходство многихъ суще-

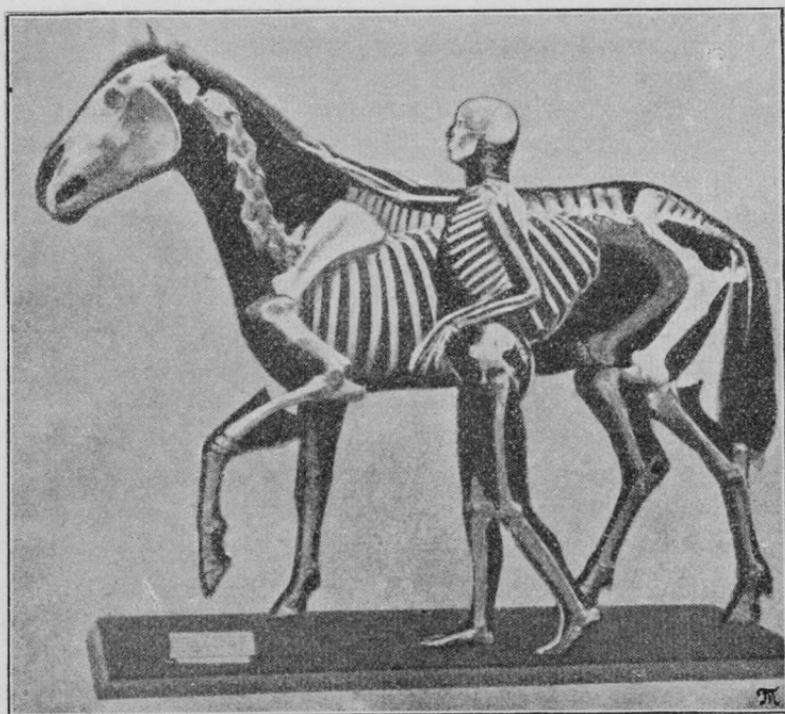


Рис. 47. Скелетъ человѣка и лошади.

ственныхъ чертъ въ ихъ строеніи; это повело къ одинаковому обозначенію сходныхъ частей. Но въ нѣкоторыхъ

случаяхъ впечатлѣнія несвѣдущаго человѣка относительно строенія тѣла извѣстныхъ животныхъ не совпадаютъ съ фактами. Напримѣръ, та часть, которую онъ называетъ колѣномъ у лошадей, быковъ, овецъ и другихъ животныхъ, вовсе не соотвѣтствуетъ человѣческому колѣну. Это ясно видно, если сравнить скелетъ человѣка и лошади (рис. 47).

Сначала сравнимъ человѣческую ногу и заднюю ногу лошади. Воспользуемся для этой цѣли первымъ и послѣднимъ изъ 5 схематическихъ рисунковъ фигуры 48. Согласный съ дѣйствительностью рисунокъ 47 покажетъ намъ затѣмъ, какъ выглядятъ на дѣлѣ эти части.

Верхнюю часть нашей ноги мы, какъ извѣстно, называемъ бедромъ. Лежащая въ немъ кость (рис. 48) *BD*, соединенная посредствомъ бедренного сустава *B* съ скелетомъ туловища, носитъ поэтому названіе бедренной кости. Бедренной суставъ лошади обозначенъ буквой *A*; бедренная кость оканчивается въ *C*. За бедреннымъ суставомъ слѣдуетъ колѣнный суставъ. На скелетѣ человѣческой ноги онъ находится въ *D*, въ

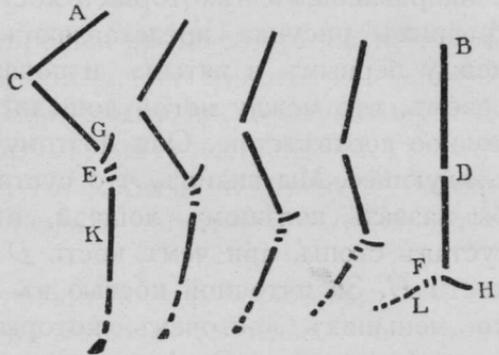


Рис. 48. Къ сравненію членовъ тѣла человѣка и лошади.

скелетѣ же лошади онъ обозначенъ буквой *C*. У лошадей и многихъ другихъ животныхъ бедренная кость *AC* такъ коротка по сравненію съ длиной ноги и кромѣ того занимаетъ положеніе, настолько близкое къ горизонтальному, что у животного, находящагося въ хорошемъ состояніи, сустава *C* почти нельзя увидѣть. Но даже въ томъ случаѣ, когда этотъ суставъ замѣтенъ, какъ, напримѣръ, у исхудавшаго животного, непосвященный затрудняется подыскать ему названіе. Вѣроятно же всего онъ назвалъ бы его бедреннымъ суставомъ, потому что настоящій бедренной суставъ совершенно невидимъ, находясь глубоко подъ мясомъ. Перейдемъ теперь къ слѣдующему суставу *E* на скелетѣ лошади.

Это первый явственно выступающий отдѣльно отъ туловища суставъ. Человѣкъ несвѣдущій, который судить, руководствуясь своими наблюдениями надъ живымъ животнымъ, обыкновенно называетъ этотъ суставъ колѣномъ. Въ лучшемъ случаѣ онъ удивится тому, что у лошади „колѣно“ согнуто назадъ, между тѣмъ какъ у человѣка впередъ. Это противорѣчіе, разумѣется, только кажущееся, потому что „колѣно“ *E* вовсе не есть колѣно. Раньше, чѣмъ продолжать наши разсужденія, посмотримъ на 3 среднихъ схематическихъ рисунка фигуры 48. Если сравнить ихъ съ двумя остальными, то увидимъ, что всѣ 5 имѣютъ одинаковое число расположенныхъ въ той же послѣдовательности костей и суставовъ, и что два рядомъ стоящихъ рисунка лишь немного отличаются одинъ отъ другого длиной и направлениемъ нѣкоторыхъ костей. Другими словами: три среднихъ рисунка представляютъ постепенные переходы между первымъ и пятымъ и показываютъ намъ такимъ образомъ, что между ногой лошади и человѣка существуетъ полное соотвѣтствіе. Они поэтому помогутъ намъ понять слѣдующее. Мы видимъ, что суставъ, который мы желали бы назвать колѣномъ лошади, въ дѣйствительности есть суставъ стопы, при чемъ кость *D* соотвѣтствуетъ пяточной кости *H*. За пяточной костью въ *E* слѣдуютъ еще нѣсколько меньшихъ косточекъ, которыя соотвѣтствуютъ предплюснѣ человѣка. Затѣмъ идетъ сравнительно длинная кость *K*, которую непосвященный назоветъ берцовой костью. Но она очевидно соотвѣтствуетъ кости *L* пятого рисунка, т. е. одной изъ плюсневыхъ костей человѣка. Здѣсь мы наталкиваемся на одно замѣчательное различіе. У лошади въ этомъ мѣстѣ находится лишь одна кость со слѣдами двухъ другихъ костей по обѣимъ сторонамъ ея. У человѣка же здѣсь лежатъ рядомъ пять косточекъ плюсны, которыя тянутся отъ предплюсны до начала пальцевъ.

Какъ объяснить это различіе, если перечисленные кости человѣка и лошади все-таки соотвѣтствуютъ другъ другу? Среди остатковъ костей вымершихъ видовъ животныхъ недавно найдены были кости животныхъ, во многихъ отношеніяхъ похожихъ на лошадь, но меньшихъ по величинѣ и съ бѣльшимъ числомъ пальцевъ. Подробное изслѣдованіе

этихъ костей привело къ заключенію, что предки нашей лошади первоначально обладали 5 пальцами; потомки ихъ все больше и больше пріобрѣтали привычку опираться на переднюю часть стопы; вслѣдствіе этого они получили приподнятую вверхъ пятку, а косточки плюсны и пальцевъ даже стали почти перпендикулярно. Въ концѣ концовъ эти животныя стояли уже на кончикахъ пальцевъ, или точнѣе на „ногтяхъ“, которые для этой цѣли сильно развились въ ширину и толщину и превратились въ копыта.

Въ то же время средній наиболѣе длинный палецъ сталъ служить опорой всему тѣлу; онъ все удлинялся, тогда какъ боковые пальцы атрофировались и исчезли. У современной лошади объ ихъ прежнемъ существованіи напоминаютъ лишь два тонкихъ отростка сросшихся съ большой костью плюсны.

Итакъ нога лошади прошла въ своемъ развитіи черезъ три поразительныя формы измѣненій, начиная съ первоначальной пятипалой ноги. Во первыхъ, число пальцевъ уменьшилось до одного; во вторыхъ, этотъ единственный палецъ въ такой степени развился, что фактически образуетъ голень; въ третьихъ, только утолщенный ноготь этого пальца, т. е. копыто, касается земли.

Въ послѣднемъ отношеніи лошадь пріобрѣла въ настоящее время соперниковъ въ лицѣ балетныхъ танцоровъ и танцовщицъ, которые повидимому ставятъ себѣ цѣлью кружиться на кончикахъ пальцевъ. Это стремленіе ведетъ къ чему угодно, но только не къ граціознымъ и красивымъ движеніямъ. Оно, очевидно, рассчитано на зрителей, которые предпочитаютъ удивительное красивому. Но танцовщица, пользующаяся наибольшимъ успѣхомъ, можетъ лишь танцевать на кончикахъ пальцевъ, между тѣмъ какъ лошадь, запряженная въ экипажъ, который привозитъ ее на представленіе, ходитъ не только на кончикахъ пальцевъ, но даже на ногтяхъ. Если бы какой-нибудь балетмейстеръ представилъ своимъ балеринамъ тотъ ходъ развитія лошади, который мы только что прослѣдили, то въ надеждѣ на подобный успѣхъ, онъ, быть можетъ, удвоили бы свои старанія. Уменьшеніе числа пальцевъ могло бы осуществить ихъ горячее желаніе имѣть маленькія ноги. Осторожный

учитель при этомъ не станетъ, конечно, распространяться о послѣдствіяхъ, которыя повлекло за собой уменьшеніе числа пальцевъ для единственнаго оставшагося пальца и его ногтя.

Между передней ногой лошади и рукой человѣка мы находимъ такую же аналогію, какъ и въ другихъ членахъ. Плечевое сочлененіе на живой лошади едва замѣтно. Первый отчетливо видный суставъ соотвѣтствуетъ нашему локтевому суставу и лежитъ на одной высотѣ съ нижней стороной груди лошади. То, что мы склонны назвать у лошади колѣномъ, соотвѣтствуетъ въ дѣйствительности нашему ручному суставу. Длинная кость, начинающаяся въ этомъ мѣстѣ у лошади и направленная внизъ, представляетъ кость пястья. На тыльной сторонѣ руки мы ясно можемъ прощупать пять косточекъ пястья. У лошади хорошо развита только одна изъ нихъ, именно средняя; а вмѣсто двухъ другихъ мы здѣсь находимъ лишь тонкіе отростки. Наконецъ, слѣдуютъ еще двѣ короткія кости пальцевъ и копыто.

Трудно сказать, что больше поражаетъ при изслѣдованіяхъ подобныхъ изложенному: удивительное ли сходство въ строеніи, которое мы встрѣчаемъ у многихъ видовъ животныхъ, или же удивительныя различія между ними, происшедшія исключительно путемъ измѣненія первоначально сходныхъ органовъ.

2. Насосы безъ поршня.

Одну изъ наиболѣе интересныхъ аналогій между произведеніями природы и человѣческой техники представляютъ сердце и вены. Сердце есть насосъ, назначеніе котораго состоитъ въ томъ, чтобы гнать кровь во всѣ части тѣла. Вены содержатъ цѣлый рядъ приспособленій, чтобы возвращать ее въ сердце. Эти насосы имѣютъ два большихъ преимущества передъ тѣми, которые мы строимъ для накачиванія жидкостей. Они способны расти, и подобно нашимъ резиновымъ мѣхамъ вслѣдствіе своей упругости не нуждаются въ поршняхъ. Послѣднее свойство дѣлаетъ возможнымъ первое, потому что, если бы природа создала какой-нибудь аппаратъ съ цилиндромъ и поршнемъ, то трудно

усмотрѣть, какимъ образомъ онъ обладалъ бы вмѣстѣ съ тѣмъ способностью къ росту.

Кровеносные насосы тѣла работаютъ такимъ же образомъ, какъ и наши резиновые мѣхи, т. е. путемъ перемѣннаго сжатія и расслабленія. При сжиманіи кровь вгоняется въ кровеносные сосуды, а расслабленіе даетъ возможность новому количеству крови проникнуть въ сердце, гдѣ она остается до слѣдующаго сокращенія.

Несмотря на то, что дѣйствіе ихъ различно, результатъ все-таки тотъ же, что и въ нашихъ искусственныхъ насосахъ, и въ обоихъ случаяхъ необходимы клапаны, чтобы помѣшать обратному теченію жидкости, пока соберется новое количество крови.

Въ фізіологическихъ такъ же, какъ и въ искусственныхъ насосахъ, клапаны являются приспособленіями большой важности. Если они не плотно закрываются, то часть жидкости, вытѣсненной при сокращеніи, течетъ обратно въ то пространство, которое должно было бы наполниться свѣжимъ притокомъ жидкости, вслѣдствіе чего значительная часть энергіи насоса пропадаетъ, и приходится затратить усилія на то, чтобы поддержать въ насосѣ извѣстное давленіе.

Чтобы познакомиться со свойствами и дѣйствіями клапановъ органовъ кровообращенія, рассмотримъ сначала насосный механизмъ венъ, такъ какъ онъ произошелъ путемъ простѣйшаго видоизмѣненія кровеносныхъ сосудовъ. Вены содержатъ кровь, которая должна возвратиться въ сердце. Стѣнки ихъ мягки и растяжимы, такъ что путемъ давленія легко могутъ быть сплющены. При такомъ сдавливаніи кровь потечетъ въ другую часть венъ. Но ее нужно направить къ сердцу и кромѣ того не давать ей двигаться назадъ. То и другое достигается при помощи клапановъ или заслонокъ, которые находятся въ различныхъ мѣстахъ венъ. Клапаны устроены такимъ образомъ, что позволяютъ потоку крови двигаться по направленію къ сердцу, но не отъ него. Онѣ состоятъ изъ парныхъ карманообразныхъ выростовъ стѣнокъ венъ внутри полости послѣднихъ. На рис. 49 въ X показанъ видъ вены, которую разрѣзали по длинѣ такимъ образомъ, что въ каждой половинѣ оказалось по цѣлому карману. *ABD* есть свободный верхній край,

AFCFD—край, соединенный со стѣнкой вены. *U* на рис. 49 изображаетъ видъ вены въ такомъ разрѣзѣ, въ которомъ каждый карманъ разстѣченъ пополамъ. Здѣсь вена сверху растянута благодаря давленію крови, которая наполняетъ карманы, прижимаетъ другъ къ другу свободные края клапановъ, и такимъ образомъ сама закрываетъ себѣ путь въ нижнюю часть. Наконецъ *Z* на рис. 49 даетъ поперечный разрѣзъ вены вмѣстѣ съ клапанами. Съ каждой стороны

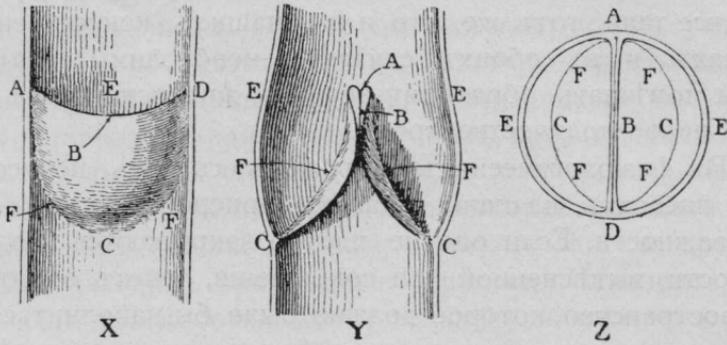


Рис. 49. Клапаны вень.

мы видимъ въ разрѣзѣ полость кармановъ, свободные края которыхъ въ *B* прижимаются другъ къ другу. Эти три рисунка показываютъ, какое превосходное и вмѣстѣ съ тѣмъ простое приспособленіе обезпечиваетъ нашему тѣлу правильное направленіе теченія крови. Если подъ вліяніемъ какой-нибудь причины кровь стремится двигаться вверхъ, то она легко раздвигаетъ верхніе края клапановъ. Въ тотъ же моментъ, когда она устремляется обратно, ея собственное давленіе раздуваетъ карманы и прижимаетъ ихъ другъ къ другу.

Въ существованіи нѣкоторыхъ изъ этихъ клапановъ можно легко убѣдиться на собственномъ тѣлѣ, если сдавить, напримѣръ, большую вену предплечья и такимъ образомъ помѣшать правильному теченію крови. Можно замѣтить, какъ вена въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вздувается, что обусловливается скопленіемъ крови въ клапанахъ вены.

Давленіе, которое гонитъ жидкость впередъ, въ обыкновенныхъ насосахъ вызывается поршнемъ, въ венахъ же обусловливается различными причинами. Когда мускулы

сокращаются, при легкой или тяжелой работѣ, то благодаря этому сокращенію сжимаются вены между мускулами или между этими послѣдними и кожей. Благодаря такого рода суженію, кровь въ венахъ можетъ проталкиваться лишь впередъ и направляться къ сердцу, такъ какъ клапаны препятствуютъ движенію въ противоположномъ направленіи. Всякое давленіе снаружи, какъ, на примѣръ, при массажѣ или обыкновенномъ ударѣ, должно дѣйствовать подобнымъ образомъ. Измѣненія въ положеніи тѣла также могутъ способствовать движенію крови въ венахъ. Если вытянуть руку, поднявъ ее вверхъ, то кровь въ венахъ вслѣдствіе своей тяжести потечетъ внизъ. Если же напротивъ того опустить руку внизъ, то это вызоветъ скопленіе крови въ венахъ; это произойдетъ не потому, что она вслѣдствіе тяжести потечетъ внизъ—этому вѣдь мѣшаютъ клапаны,—а благодаря наполненію венъ кровью изъ болѣе тонкихъ кровеносныхъ сосудовъ. Если затѣмъ поднять руку вверхъ, то растянувшіяся вслѣдствіе давленія крови стѣнки сжимаются благодаря своей упругости и вытѣсняютъ избытокъ крови. Такимъ образомъ всѣ виды работы, движеній и массажа способствуютъ поддержанію кровообращенія въ венахъ и тѣмъ укрѣпляютъ физическое здоровье.

Вены открываются своими отверстиями въ сердце, которое можно разсматривать, какъ сильно расширенную часть кровеносныхъ сосудовъ. Если ускореніе кровообращенія полезно для здоровья, то правильное поддержаніе его является необходимостью. Для этого служитъ сердце, которое исполняетъ свое назначеніе, безразлично бодрствуемъ ли мы или спимъ, работаемъ или отдыхаемъ. Для этой цѣли недостаточно было бы случайныхъ суженій кровеносныхъ сосудовъ, вызванныхъ работой или дѣйствіемъ внѣшнихъ вліяній. Поэтому въ одномъ мѣстѣ образовалось мощное, раздѣленное на четыре полости расширеніе сосудовъ и въ стѣнкахъ его развились крѣпкія мускульныя волокна, такъ что сердце можно разсматривать, какъ сильный мускуль, имѣющій особую форму и особую функцію. Чтобы гнать кровь по артеріямъ и ихъ развѣтвленіямъ, необходима значительная сила. Лѣвая полость сердца, которая гонитъ богатую кислородомъ кровь въ различныя ча-

сти тѣла, производить съ этой цѣлью давленіе, равное давленію водяной колонны высотой въ 270 сантиметровъ. Правая полость сердца, которая гонитъ кровь черезъ легкія, производитъ давленіе, равное давленію водяной колонны въ 90 сантиметровъ высоты. Количество крови, которое вытекаетъ съ каждой стороны при каждомъ сокращеніи сердца человѣка, составляетъ около 170 граммъ. Такъ какъ въ теченіе одной минуты число біеній сердца равно 70, то работа, производимая сердцемъ въ теченіе 24 часовъ, приблизительно равна работѣ, которую нужно затратить, чтобы поднять 6000 килограммовъ на 1 метръ вверхъ или, что то же, 1 килограммъ на высоту 6000 метровъ.

Сердце представляетъ собственно двойной насосъ, лѣвая часть котораго, какъ уже было упомянуто, имѣетъ назначеніе гнать по всему тѣлу богатую кислородомъ (артеріальную) кровь, тогда какъ правая часть гонитъ бѣдную кислородомъ, но обогатившуюся углекислымъ газомъ (венозную) кровь черезъ легкія, гдѣ она поглощаетъ кислородъ и отдаетъ углекислоту. Такъ какъ обѣ половинки сердца устроены въ существенномъ одинаково, то достаточно рассмотреть строеніе и дѣйствіе одной половины, напримѣръ, лѣвой.

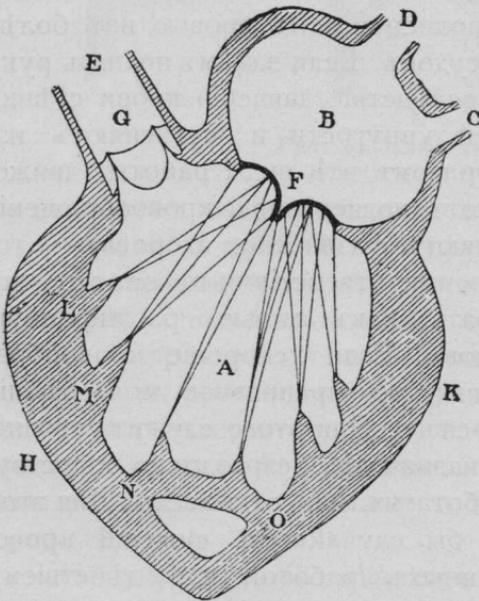


Рис. 50. Механизмъ сердечныхъ клапановъ.

Лѣвая половина состоитъ изъ желудочка *A* (Рис. 50) и предсердія *B*. Желудочекъ обезпечиваетъ прохожденіе крови по тѣлу („большой кругъ кровообращенія“). Онъ поэтому снабженъ мускулистой стѣнкой, которая значительно толще стѣнки праваго желудочка, изъ котораго кровь гонится по „малому кругу“ черезъ легкія. Предсердіе слу-

жить главнымъ образомъ для накопленія крови. Если бы сердце должно было послѣ каждаго сокращенія наполняться кровью непосредственно изъ венъ, то это отняло бы много времени. Сбереженіе времени достигается тѣмъ, что въ теченіе того времени, пока желудочекъ путемъ сокращенія своихъ стѣнокъ гонитъ заключающуюся въ немъ кровь въ „аорту“ *E*, въ предсердіи накапливается новое количество крови.

Въ то время, какъ желудочекъ снова расширяется, кровь изъ аорты *E* могла бы потечь обратно въ желудочекъ. Это устраняется при помощи приспособленія, сходнаго съ тѣмъ, съ которымъ мы уже познакомились въ венахъ. Но здѣсь мы находимъ три такихъ кармана, которые сходятся посрединѣ аорты. Одинъ изъ нихъ представленъ въ *G*, а рядомъ видны небольшія части другихъ двухъ. Въ виду того, что благодаря этому приспособленію сердце не можетъ наполняться кровью обратно изъ *E*, и такимъ образомъ съ этой стороны не приходится преодолевать давленія,—предсердіе *B* не нуждается въ особенно большой мускульной силѣ, чтобы протолкнуть кровь въ желудочекъ, который благодаря своей упругости снова начинаетъ расширяться. Этимъ и объясняется сравнительно тонкая стѣнка предсердія и отсутствіе особыхъ сердечныхъ клапановъ у отверстія венъ.

Однимъ изъ наиболѣе замѣчательныхъ приспособленій въ устройствѣ сердца является сердечный клапанъ, который препятствуетъ крови течь обратно въ предсердіе при сокращеніи желудочка. Этотъ сердечный клапанъ въ лѣвомъ желудочкѣ состоитъ изъ двухъ большихъ упругихъ перепонокъ, къ которымъ присоединяются двѣ маленькихъ; въ правомъ желудочкѣ ихъ всего 3. Устройство сердечнаго клапана лѣваго желудочка указано на нашемъ рисункѣ 50 въ *F*. Мы видимъ, что кровь легко можетъ проникнуть изъ предсердія въ желудочекъ, раздвигая лопасти клапана. Для этого необходимо широкое отверстіе между желудочкомъ и предсердіемъ. Отчасти вслѣдствіе этого, а отчасти вслѣдствіе того, что соединеніе между предсердіемъ и желудочкомъ не имѣетъ формы трубки, примѣненіе въ этомъ случаѣ карманообразныхъ клапановъ, въ виду высокаго давленія, которое имъ пришлось бы выдерживать, врядъ ли было бы возможно.

Поэтому здѣсь мы находимъ въ качествѣ клапана большія упругія лопасти, которыя совершенно особеннымъ образомъ удерживаются въ своемъ положеніи. Съ внутренней стороны стѣнки желудочка въ полость его вдаются нѣсколько со-сочкообразныхъ выростовъ мышечной массы сердца. Отъ концовъ этихъ мускульныхъ придатковъ идутъ крѣпкія ните-образныя сухожилія къ свободнымъ краямъ лопастей и къ ихъ поверхности. Поэтому, когда желудочекъ сокращается и давленіе крови прижимаетъ лопасти клапановъ къ пред-сердію, эти сухожильныя нити выдерживаютъ напоръ крови. Если только сердечный клапанъ не поврежденъ, или отвер-стіе не расширено, то кровь совершенно не можетъ про-никнуть въ предсердіе, въ которомъ тѣмъ временемъ соби-рается новое количество крови изъ венъ.

Было уже указано, что сердечные клапаны вслѣдствіе болѣзни иногда отказываются служить. Точно также сер-дечные мускулы вслѣдствіе болѣзни или переутомленія мо-гутъ измѣниться и ослабѣть. Саморегулирующая дѣятель-ность сердца не въ состояніи всего этого исправить; за то изнашиваніе, обусловленное регулярной работой при нор-мальныхъ условіяхъ, находитъ себѣ постоянный противо-вѣсъ въ саморегулирующемъ механизмѣ сердца. Въ этомъ отношеніи оно превосходитъ всѣ, даже самыя искусныя механизмы, построенныя рукой человѣка.

II. Глазь и зрѣніе.

1. Слѣпое пятно въ здоровомъ глазу.

Закройте лѣвый глазъ (положивъ, напримѣръ, на не-го лѣвую руку) и смотрите пристально правымъ глазомъ на букву *R* на рис. 51. При этомъ можно легко видѣть

R

L

Рис. 51. Доказательство существованія слѣпого пятна въ человѣческомъ глазу.

букву *L* на другой сторонѣ чертежа, не измѣняя направле-нія, по которому смотрятъ. Держите теперь рисунокъ при-близительно на разстояніи 25 сантиметровъ отъ глаза и

медленно приближайте его къ глазу. На разстояніи около 15 сантим. буква *L* сдѣляется невидимой. Еще за мгновение до этого она была видна сбоку, хотя взглядъ и не былъ на нее направленъ; теперь же она дѣляется видной только въ томъ случаѣ, если отвести взглядъ отъ буквы *R*. Но если, не дѣлая этого, продолжать приближать чертежъ къ глазу, буква *L* сдѣляется снова видимой.

Будемъ теперь поступать въ обратномъ порядкѣ; поднесемъ чертежъ настолько близко къ глазу, чтобы еще можно было легко различать буквы, и станемъ смотрѣть правымъ глазомъ на *R*, а *L* будетъ видна, хотя мы и не будемъ направлять глазъ на нее именно. Послѣ удаленія чертежа на 15 сантиметровъ отъ глаза, буква *L* опять становится невидимой; при дальнѣйшемъ удаленіи, *L* снова появляется. Тотъ же опытъ можно продѣлать и лѣвымъ глазомъ, прикрывъ правый глазъ правой рукой и держа бумагу въ лѣвой рукѣ; при этомъ взглядъ долженъ быть обращенъ на букву *L*.

Чѣмъ же объясняется это замѣчательное явленіе? Для поясненія его можетъ служить рис. 52. *RE* и *LE* предста-

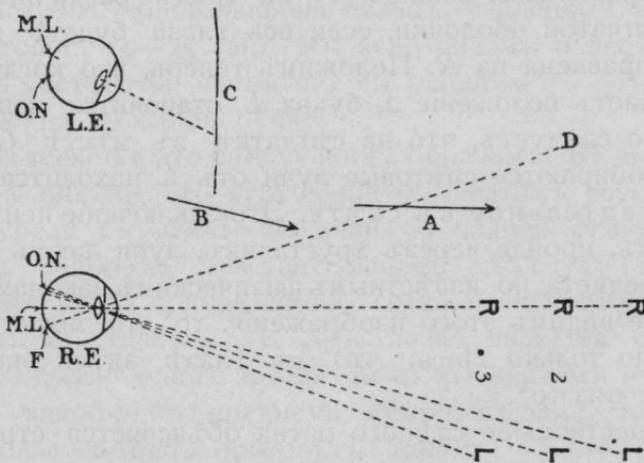


Рис. 52. Къ доказательству существованія слѣпого пятна въ человѣческомъ глазу.

вляютъ горизонтальные разрѣзы праваго и лѣваго глазъ. *C*—предметъ, которымъ закрыть лѣвый глазъ. Ось праваго

глаза имѣетъ направленіе A и направлена, слѣдовательно, на букву R . Свѣтъ, идущій отъ R , пройдя зрачокъ и хрусталикъ, попадаетъ на сѣтчатую оболочку (ретины) въ такъ называемое „желтое пятно“ (*Macula lutea*), обозначенное на рис. буквами ML . Это желтое пятно, а въ особенности небольшое углубленіе на серединѣ его (центральная ямка) наиболѣе чувствительно къ свѣту и даетъ самыя отчетливыя изображенія предметовъ. Мы поэтому произвольно поворачиваемъ глаза такимъ образомъ, чтобы изображеніе предмета, который мы желаемъ подробно разсмотрѣть, возникло на желтомъ пятнѣ. Это называется „фиксировать“ предметъ. Но и другія части сѣтчатой оболочки чувствительны къ свѣту, хотя и не въ такой же степени. Поэтому свѣтъ, идущій отъ находящихся сбоку предметовъ D и L также даетъ изображенія, хотя и менѣе ясныя. Мѣста ихъ возникновенія обозначены буквами F и ON . Такимъ образомъ мы видимъ также предметы, лежащіе внѣ главнаго направленія, по которому мы смотримъ. Но если бумагу съ буквами постепенно приближать къ глазу такъ, чтобы буквы занимали послѣдовательно положенія 1, 2 и 3, то ясно, что изображенія L возникнутъ на трехъ различныхъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки, если ось глаза будетъ попрежнему направлена на R . Положимъ теперь, что когда бумага занимаетъ положеніе 2, буква L становится невидимой; изъ этого слѣдуетъ, что на сѣтчаткѣ въ мѣстѣ ON , гдѣ теперь собираются свѣтовые лучи отъ L , находится мѣсто нечувствительное къ свѣту. Это заключеніе неизбѣжно, такъ какъ, пройдя черезъ хрусталикъ, лучи даютъ изображеніе предмета по извѣстнымъ физическимъ законамъ. Если же мы не видимъ этого изображенія, то это можетъ быть объяснено только тѣмъ, что въ глазѣ здѣсь находится „слѣпое пятно“.

Существованіе слѣпого пятна объясняется строеніемъ глаза. Слѣпое пятно есть мѣсто, гдѣ въ глазъ входитъ зрительный нервъ. Здѣсь нервъ распадается на безчисленныя волокна, которыя оканчиваются въ особыхъ чувствительныхъ къ свѣту органахъ (палочкахъ и колбочкахъ), образуя вмѣстѣ съ этими концевыми аппаратами „сѣтчатую оболочку“. Самъ нервъ этихъ аппаратовъ не содержитъ,

даже въ мѣстѣ своего вступленія въ глазъ, и вслѣдствіе этого онъ нечувствителенъ къ свѣтовымъ раздраженіямъ точно такъ же, какъ телефонныя сообщенія воспринимаются не въ томъ мѣстѣ, гдѣ проволока входитъ въ телефонную трубку, а только посредствомъ особаго специально для этой цѣли приспособленнаго аппарата.

2. Двойное зрѣніе.

Усядемся поудобнѣе, и станемъ фиксировать ручку двери, циферблатъ часовъ или другой, ясно очерченный предметъ умѣренной величины на противоположной стѣнѣ. Если желаютъ взять предметъ внѣ дома, то таковымъ можетъ быть также хорошо выдѣляющійся предметъ, какъ, на примѣръ, шесть отъ флага, фабричная труба или церковная колокольня. Фиксируя спокойно и неподвижно ручку двери, подыдемъ до высоты глаза указательный палецъ, держа его по направленію кверху. Ручка двери будетъ ясно видна, но по обѣимъ сторонамъ ручки явственно будутъ видны, хотя и менѣе ясно, по одному пальцу. Теперь будемъ смотрѣть пристально на палецъ, удаленный отъ глаза на разстояніи 15—25 сант. Мы ясно видимъ палецъ. Менѣе ясно, но достаточно явственно мы увидимъ съ обѣихъ сторонъ пальца по одной ручкѣ.

Объясняется это слѣдующимъ образомъ. Въ послѣдней главѣ мы видѣли, что углубленіе въ желтомъ пятнѣ, лежащее посреди сѣтчатой оболочки на задней стѣнкѣ глаза, является наиболѣе чувствительнымъ къ свѣту мѣстомъ. Вслѣдствіе этого прямая линія, соединяющая это пятно съ центромъ хрусталика, т. е. „ось глаза“, является направлениемъ наиболѣе яснаго зрѣнія. Если мы желаемъ видѣть отчетливо какой-либо предметъ обоими глазами, то каждый глазъ долженъ быть повернутъ такимъ образомъ, чтобы обѣ оси глазъ были направлены на этотъ предметъ. Если предметъ находится на опредѣленномъ разстояніи, то оси образуютъ опредѣленный уголъ.

На рис. 53 R представляетъ правый, L —лѣвый глазъ, если разсматривать ихъ сверху. Оба глаза направлены на предметъ P и, хотя въ каждомъ изъ нихъ получается от-

дѣльное изображеніе предмета, устройство мозга таково, что мы видимъ только одинъ предметъ; это объясняется тѣмъ, что оба изображенія возникаютъ на соответствующихъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки, а именно каждое на желтомъ пятнѣ.

Если возлѣ P находится другой предметъ S_1 , и глаза „установлены“ для P , они приблизительно установлены также и для S_1 , такъ какъ уголъ LS_1R приблизительно равенъ углу LPR . Поэтому если фиксировать P , то оба изображе-

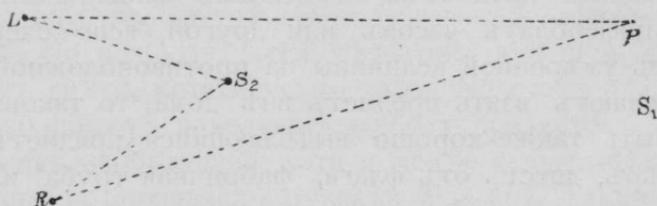


Рис. 53. Къ объясненію двойного зрѣнія.

нія S_1 тоже возникаютъ на соответствующихъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки обоихъ глазъ, а именно слѣва отъ желтаго пятна. Иначе дѣло обстоитъ съ предметомъ S_2 . Уголъ LS_2R гораздо больше угла LPR ; поэтому если глаза установлены на P , то они не установлены на S_2 . Если фиксировать P , то оба изображенія S_2 не возникаютъ на соответствующихъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки, но одно появляется слѣва, а другое справа отъ желтаго пятна. Поэтому мозгъ воспринимаетъ P и S_1 какъ одинъ предметъ, а S_2 —какъ двойной.

Если, наоборотъ, установить глаза на S_2 , то ясно, что теперь оба изображенія P или S_1 , появятся не на соответствующихъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки, и поэтому въ мозгу возникнутъ воспріятія двухъ различныхъ предметовъ. Пусть P —ручка двери, а S_2 —палецъ, и вышеописанное явленіе находитъ себѣ объясненіе.

Вообще говоря, двойное зрѣніе возникаетъ всегда въ томъ случаѣ, если оси глазъ направлены на далекій предметъ, а вниманіе обращается на болѣе близкій предметъ, или если оси глазъ установлены на близкій предметъ, а болѣе далекій предметъ привлекаетъ наше вниманіе. Тотъ предметъ, на который мы обращаемъ свое вниманіе, пока-

жется удвоеннымъ. Нѣтъ даже необходимости фиксировать опредѣленный предметъ, чтобы другой казался удвоеннымъ. Многимъ легко удается намѣренно избѣгнуть правильной установки глазъ для какого либо предмета, и они видятъ его удвоеннымъ.

Но такой случай бываетъ и ненамѣренно. Злоупотребленіе алкогольными напитками, нарушая правильное функционированіе мозга и всей нервной системы, вызываетъ также неправильности въ дѣятельности мускуловъ, находящихся въ зависимости отъ нервовъ. Это явленіе всѣмъ извѣстно; стоитъ только вспомнить о некоординированныхъ движеніяхъ пьянаго. Мускулы глазъ очень легко поражаются алкогольнымъ ядомъ. Вслѣдствіе этого уже при „умѣренномъ“ потребленіи алкоголя правильная установка осей глазъ становится затруднительной, и наступаетъ явленіе двойного зрѣнія, которое не будучи лишено комическаго элемента, давало даже поэтамъ поводъ къ болѣе или менѣе поэтическимъ изліяніямъ.

Рис. 54 показываетъ, какъ при неправильной установкѣ осей глазъ на точки *B*, *D* и *C* лунный серпъ *A* пока-

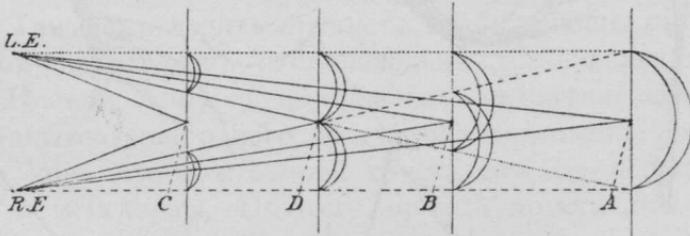


Рис. 54. Луна, видимая вдвойнѣ.

жется удвоеннымъ. *LE* и *RE* обозначаютъ правый и лѣвый глазъ. Оба изображенія предмета либо кажутся отдѣленными другъ отъ друга (*C*), либо они соприкасаются (*D*), либо частью покрываютъ одно другое (*B*).

3. Можно ли видѣть черезъ руку?

Возьмите въ лѣвую руку свернутую изъ бумаги трубку, держите ее передъ лѣвымъ глазомъ и смотрите черезъ нее на свѣтлый отдаленный предметъ, на примѣръ, на кар-

тину на противоположной стѣнѣ. Держите ладонь правой руки передъ правымъ глазомъ такъ, чтобы край ладони касался стѣнки трубки. Обѣ руки должны находиться приблизительно на разстояніи 15—20 сантим. отъ глаза.

Казалось бы, что при этихъ условіяхъ трудно видѣть правымъ глазомъ; между тѣмъ наблюдатель замѣчаетъ, что онъ глядитъ сквозь отверстіе въ правой рукѣ, и при этомъ видитъ упомянутую картину. Отверстіе находится приблизительно на томъ мѣстѣ, гдѣ на рис. 55 находится кругъ.

Это замѣчательное явленіе основывается на свойственной намъ привычкѣ, въ силу которой мы всегда обращаемъ вниманіе только на нѣкоторые опредѣленные предметы и мало замѣчаемъ всѣ остальные.

Мы можемъ отличать три такихъ случая, въ которыхъ мы не замѣчаемъ видимыхъ вещей. Если мы желаемъ, на-

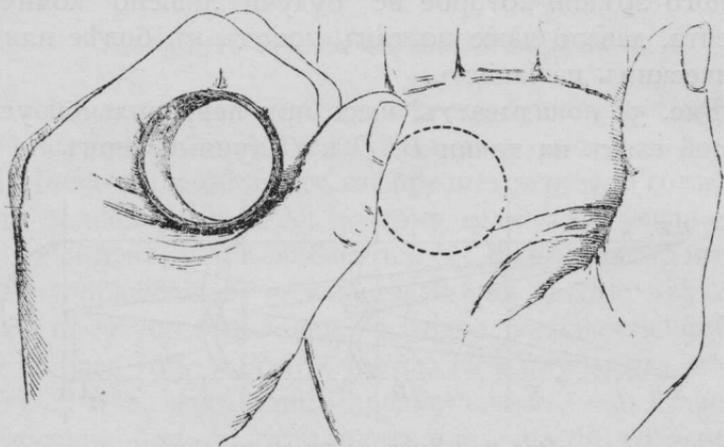


Рис. 55. Какъ можно видѣть черезъ отверстіе въ рукѣ?

примѣръ, отчетливо разглядѣть предметъ, мы направляемъ на него обѣ оси глазъ такимъ образомъ, что въ каждомъ глазу появляется изображеніе посреди его поля зрѣнія. При этомъ мы не обращаемъ вниманія на предметы, лежащіе внѣ средней линіи зрѣнія. Если мы смотримъ пристально на картину, висящую на противоположной стѣнѣ, то мы часто совершенно не замѣчаемъ дѣйствія лица, находящагося на разстояніи 2 метровъ отъ нея, если наше вниманіе всецѣло поглощено картиной.

Во-вторыхъ, мы можемъ не замѣчать вещей, которыя не находятся на надлежащемъ разстояніи для того, чтобы быть ясно видимыми. Мы можемъ установить нашъ глазъ на предметъ, который мы желаемъ видѣть, такъ же точно, какъ фотографическую камеру или подзорную трубу. Мы дѣлаемъ это, измѣняя помощью извѣстныхъ мускуловъ форму хрусталика. Если хрусталикъ установленъ на опредѣленный предметъ, то другіе предметы, находящіеся впереди или позади него, становятся неясными, вслѣдствіе чего на нихъ меньше обращается вниманія. Если бы мы этого не дѣлали, то, какъ показываетъ опытъ, приведенный въ послѣдней главѣ, мы жили бы въ „двойственномъ“ мірѣ.

Если, наконецъ, только одинъ глазъ можетъ видѣть предметъ, возбуждающій интересъ, то мы не обращаемъ вниманія на вещи, которыя въ это же время видны другому глазу. Солдатъ можетъ легко научиться смотрѣть на мишень правымъ глазомъ, не закрывая ни на мгновеніе лѣвый. На то, что онъ видитъ въ это время лѣвымъ глазомъ, онъ не обращаетъ вниманія.

Такъ же дѣло происходитъ и въ вышеописанномъ опытѣ. Лѣвый глазъ видитъ черезъ трубку освѣщенную стѣну. Тамъ онъ видитъ предметъ, возбуждающій интересъ, и поэтому хрусталикъ непроизвольно устанавливается на стѣну. Но при этомъ у нормальнаго человѣка приспособленіе (аккомодация) одного хрусталика не можетъ произойти безъ того, чтобы и второй хрусталикъ не испытывалъ такого же измѣненія. Поэтому правый хрусталикъ также устанавливается на далекое разстояніе.

Мы получаемъ слѣдующій результатъ. Лѣвый глазъ получаетъ отчетливое изображеніе только той части стѣны, которая ограничена бумажной трубкой, но неясно видитъ внутренность трубки, для которой хрусталикъ не приспособленъ. Кромѣ того внутренность трубки не въ состояніи обратить на себя вниманіе какой-либо необычной формой. На внутренность трубки поэтому не обращается вниманія, но взамѣнъ выступаетъ то, что неясно видно правому глазу, т. е. рука бросающаяся въ глаза благодаря своей формѣ. Коротко говоря: лѣвымъ глазомъ мы ясно видимъ часть стѣны, правымъ—неясно видимъ руку. При соедине-

нии обоихъ изображеній въ одно, мозгъ не обращаетъ вниманія на ту часть изображенія руки, которой въ другомъ глазѣ соотвѣтствуетъ круглое изображеніе стѣны. Такимъ образомъ мы получаемъ такое впечатлѣніе, какъ если бы соотвѣтствующая часть стѣны была видна черезъ отверстіе въ правой рукѣ.

На круглую часть правой руки мы только не обращаемъ вниманія, хотя и видимъ ее: это легко показать, если возбудить вниманіе такимъ же приблизительно образомъ, какъ это нѣкогда дѣлали дамы посредствомъ мушекъ. Помѣстите маленькій кусочекъ бѣлой бумаги на томъ мѣстѣ правой руки, гдѣ должно появиться отверстіе. Тогда эта бумага сдѣлается видимой, и при внимательномъ наблюденіи, если попрежнему фиксировать стѣну, можно даже различить нѣсколько линий на рукѣ.

Подобнымъ же образомъ сдѣлается замѣтной надпись и т. п. на внутренней сторонѣ бумажной трубки, если только мы позаботимся, чтобы внутрь ея проникало черезъ отверстіе достаточно свѣта.

4. Синій и желтый цвѣта не даютъ при смѣшеніи зеленаго.

Тѣ, которые въ дѣтствѣ играли ящикомъ красокъ,—а кто этого не дѣлалъ?—скоро узнавали, что пропавшую зеленую краску можно замѣнить смѣшеніемъ синей и желтой красокъ; точно также пурпуровый цвѣтъ можно получить смѣшеніемъ синяго и розоваго цвѣтовъ, а оранжевый соединеніемъ краснаго и желтаго.

Если спросить, какой цвѣтъ получится, если свѣтъ лампы пропустить сначала черезъ желтое стекло, а затѣмъ черезъ синее, то многіе отвѣтятъ, если только они не подозреваютъ, что ихъ хотятъ уличить въ заблужденіи, что мы увидимъ все въ зеленомъ свѣтѣ. Оказывается, что они ошибаются.

Прежде всего необходимо знать, что бѣлый дневной свѣтъ состоитъ изъ различныхъ цвѣтовъ. Это обнаруживается, если разложить бѣлый цвѣтъ на его составныя части. Каждая капля росы или дождя, отражающая солнечный лучъ, посылаетъ въ нашъ глазъ вмѣсто бѣлаго цвѣта цѣлый рядъ

цвѣтныхъ лучей, если смотрѣть на нее въ опредѣленномъ направленіи; подобное же разложеніе мы будемъ наблюдать, если бѣлый цвѣтъ, напримѣръ, пропуститъ черезъ призматическій кусокъ стекла. Возникающіе такимъ образомъ „цвѣта радуги“ могутъ быть снова соединены въ бѣлый цвѣтъ.

Желтымъ стекло намъ кажется по двумъ причинамъ. Во-первыхъ, оно пропускаетъ только желтые лучи изъ падающаго на него бѣлага свѣта, и во-вторыхъ, оно задерживаетъ всѣ остальные лучи. Вторая причина столь же важна, какъ и первая. Точно также синее стекло является синимъ не только потому, что оно пропускаетъ синіе лучи, но и потому, что оно задерживаетъ всѣ остальные. Поэтому синее стекло не можетъ получить синихъ лучей черезъ желтое стекло, такъ какъ вообще никакіе лучи, кромѣ желтыхъ, не могутъ пройти сквозь желтое стекло. Такъ какъ синее стекло въ нашемъ случаѣ не получаетъ синихъ лучей, то и никакіе лучи не пройдутъ сквозь него: желтые лучи, падающіе на него, не могутъ пройти, такъ какъ оно пропускаетъ исключительно синіе лучи, а другіе лучи, кромѣ желтыхъ, оно не получаетъ! Слѣдовательно, вообще никакіе лучи не пройдутъ.

Другими словами, свѣтъ, находящійся позади синяго и желтаго стеколъ, оказывается невидимымъ, если цвѣта чисты и достаточно густы. Въ результатѣ получается почти темнота, къ большому удивленію всѣхъ, кто ожидаетъ увидѣть зеленый цвѣтъ.

5. Какимъ образомъ можно смотрѣть на ^{одинъ} цвѣтъ и видѣть другой?

Возьмите съ полки книгу въ свѣтломъ переплетѣ яркаго цвѣта, напримѣръ, свѣтло-краснаго. Если на ней есть буквы, смотрите на какую нибудь точку, гдѣ перекрещиваются двѣ линіи. Если на ней нѣтъ надписи или какого-либо украшенія, то сдѣлайте на поверхности ея маленькій знакъ. Держите голову и книгу неподвижно и смотрите пристально на выбранную точку въ теченіе минуты или хотя-бы полуминуты. Но въ теченіе этого времени нельзя отводить глазъ

отъ намѣченной точки и смотрѣть въ какое-либо другое мѣсто. Это стремленіе сохранить одно и то же направленіе взгляда противорѣчитъ нашимъ естественнымъ наклонностямъ и требуетъ усилія воли. Спустя приблизительно полминуты посмотрите на большую, совершенно бѣлую поверхность. Вы увидите изображеніе того предмета, на который только что смотрѣли, но не въ его естественномъ цвѣтѣ. Цвѣтъ будетъ дополнительнымъ къ первоначальному, т. е. это будетъ тотъ цвѣтъ, который вмѣстѣ съ первоначальнымъ даетъ бѣлый цвѣтъ. Если книга свѣтло-краснаго цвѣта, то мы увидимъ зеленое изображеніе ея, и наоборотъ. Дополнительнымъ цвѣтомъ для желтаго цвѣта является синій, а для синяго—желтый. Чѣмъ же объясняются эти „контрастные“ цвѣта?

Чувствительныя къ свѣту нервныя окончанія такъ же, какъ и нервы, могутъ уставать. Въ справедливости этого мы можемъ легко убѣдиться на каждомъ шагу. Если, на примѣръ, сѣтчатая оболочка совершенно отдохнула въ темномъ помѣщеніи или при закрытыхъ глазахъ, то внезапно представляющійся глазу источникъ свѣта покажется часто ослѣпительнымъ и во всякомъ случаѣ значительно ярче, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда сѣтчатая оболочка уже испытала продолжительное свѣтовое раздраженіе, когда она, слѣдовательно, утомлена или, какъ говорятъ, когда она привыкла къ свѣту. Бѣлый свѣтъ, какъ мы знаемъ, состоитъ изъ цвѣтныхъ лучей и поэтому можетъ быть разложенъ на свои составныя части. Если сѣтчатая оболочка утомлена извѣстными цвѣтами и не воспринимаетъ ихъ, то это не значитъ, что она нечувствительна къ остальнымъ лучамъ, которые вмѣстѣ съ первыми даютъ бѣлый свѣтъ, т. е. къ дополнительнымъ цвѣтамъ.

Такимъ образомъ бѣлый свѣтъ, падающій на утомленную къ воспріятію зеленаго цвѣта часть сѣтчатки, вызываетъ впечатлѣніе краснаго цвѣта, и наоборотъ. То же самое вѣрно и для остальныхъ дополнительныхъ цвѣтовъ.

Опытъ можно сдѣлать еще слѣдующимъ образомъ: послѣ фиксированія цвѣтнаго предмета глаза закрываютъ. Черезъ вѣки все-таки проходитъ еще такое количество свѣта, котораго достаточно, чтобы нервныя окончанія испыты-

вали свѣтовое раздраженіе; или, если этого нѣтъ, то все-таки еще продолжается дѣйствіе бѣлаго дневного свѣта или свѣта лампы, который только что падалъ на сѣтчатую оболочку. Поэтому и въ этомъ случаѣ мы увидимъ т. н. „послѣдательное“ изображеніе предмета въ дополнительномъ цвѣтѣ.

III. Глаза въ качествѣ лжеесвидѣтелей.

1. Противоположныя движенія могутъ показаться одинаковыми.

Поразительно большую часть того, что мы по нашему мнѣнію видимъ, мы видимъ отнюдь не глазами. Очень часто то, что мы считаемъ видѣннымъ, есть лишь результатъ сужденія, которое мы себѣ составляемъ изъ нашего опыта. Этимъ объясняется тотъ общеизвѣстный фактъ, что честные свидѣтели какого-либо происшествія часто изображаютъ видѣнное ими совершенно различнымъ, иногда даже противоположнымъ образомъ.

Представимъ себѣ въ нѣкоторомъ отдаленіи вѣтряную мельницу. Ночь темна, позади наблюдателя не видно никакого свѣта, позади мельницы темное небо. Отдѣльныя вещи не видны. Замѣтны только большія массы, и то безъ тѣней, которыя позволяли бы заключать о формѣ предметовъ. Видимая при такихъ условіяхъ мельница представлена на рис. 56 въ *A*. Относительно движенія крыльевъ можно только различить, что они поднимаются слѣва и опускаются справа,

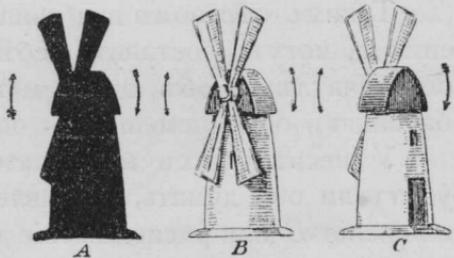


Рис. 56. Дополненіе зрительныхъ впечатлѣній разсудкомъ.

какъ это показано стрѣлками. Концы ихъ описываютъ эллипсъ, а не окружность. Это показываетъ, что ихъ плоскость вращенія не перпендикулярна къ направленію, по которому зритель смотритъ, но онъ не можетъ рѣшить, ближе ли къ нему правая сторона или лѣвая. Судя по тому,

что наблюдатель видитъ въ *A*, совершенно нельзя сказать, находится ли мельница въ положеніи *B* или *C*. Но разумъ не ограничивается показаніями чувствъ. Онъ дѣлаетъ свои построения далѣе, руководствуясь безсознательнымъ размышленіемъ и инстинктивными сужденіями, которыя образовались изъ предшествующаго опыта. Быть можетъ, напримеръ, въ этой мѣстности всѣ мельницы строятся такимъ образомъ, что крылья ихъ вращаются въ одинаковомъ направленіи. Допустимъ, что когда наблюдатель обращенъ спиной къ вѣтру, крылья вращаются по направлению часовой стрѣлки. Въ этомъ случаѣ мельникъ, замѣчая, что вѣтеръ дуетъ справа налѣво, при видѣ мельницы будетъ увѣренъ, что передъ нимъ передняя сторона крыльевъ и что мельница стоитъ, какъ показано въ *B*, такъ какъ только въ этомъ положеніи вѣтеръ можетъ вращать ея крылья по направлению часовой стрѣлки.

Но мельникъ, который знаетъ, что именно эти крылья построены противоположно общему правилу и что, слѣдовательно, они вращаются справа налѣво, если смотрѣть на нихъ, обратившись спиной къ вѣтру,—такой мельникъ при первомъ взглядѣ на картину, изображенную въ *A*, рѣшитъ, что единственно возможное положеніе мельницы есть изображенное въ *C*, если только вѣтеръ дуетъ слѣва.

Такимъ образомъ два свидѣтеля, оба одинаково компетентные, могутъ составить себѣ совершенно противоположное впечатлѣніе объ одной и той же вещи, которую они оба видятъ одновременно съ одного и того же мѣста.

У несвѣдущихъ наблюдателей зависитъ отъ случая, будутъ ли они думать, что явленію *A* соотвѣтствуетъ расположеніе *B* или расположеніе *C*. Но если они въ одномъ случаѣ признаютъ какое-либо изъ этихъ расположеній истиннымъ, то оно столь сильно запечатлѣется, что большинство впослѣдствіи окажется совершенно неспособнымъ увидѣть въ явленіи *A* другое расположеніе. Первое впечатлѣніе оставляетъ такое же убѣжденіе, какъ настоящее знаніе, и эти люди часто вполне искренно сообщаютъ свѣдѣнія, которыя, однако, оказываются совершенно ложными.

Подобное же явленіе мы наблюдаемъ, слѣдя за маленькой лодкой на далекомъ горизонтѣ вечеромъ послѣ заката

солнца. Рис. 57 даетъ намъ представленіе о разстояніи и о незначительной величинѣ предмета. Лодка находится слишкомъ далеко и слишкомъ слабо освѣщена, чтобы мы могли различить положеніе паруса или направленіе самой лодки. Но послѣ нѣсколькихъ минутъ наблюденія мы видимъ, что лодка движется въ направленіи нижней стрѣлки. Такъ какъ

вѣтеръ дуетъ въ направленіи верхней стрѣлки, то ясно, что лодка движется въ какомъ направленіи, но въ какомъ именно, нельзя рѣшить. Съ птичьяго

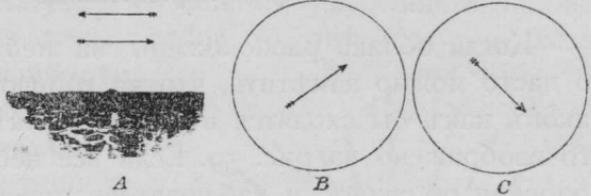


Рис. 57. Ложное дополненіе несовершенныхъ зрительныхъ воспріятій.

полета, напримѣръ, съ воздушнаго шара, который находился бы надъ этой частью моря, можно было бы конечно увидѣть, движется ли лодка въ направленіи *B* или *C*; при наблюденіи со стороны рѣшеніе невозможно. Здѣсь снова приходится принять въ соображеніе вліяніе предшествующаго опыта и бессознательнаго сужденія.

Рыбакъ, который случайно замѣтилъ лодку на горизонтѣ и можетъ только видѣть, что она движется направо противъ вѣтра, но знакомый съ обычными приѣмами мѣстныхъ рыбаковъ, скажетъ, не задумываясь: „вотъ возвращается въ гавань первый катеръ рыбацъей флотиліи. Онъ будетъ инстинктивно чувствовать, что лодка идетъ въ направленіи *C* и будетъ готовъ засвидѣтельствовать, что онъ видѣлъ, какъ судно двигалось къ берегу.

Но постоянный житель гавани, знающій, что въ данное время еще нельзя ожидать возвращенія судовъ, и знающій къ тому, что одно судно ушло по направленію къ западу настолько времени раньше, что теперь могло достигнуть наблюдаемаго пункта, будетъ увѣрять, что онъ видѣлъ судно, которое удалялось отъ берега въ направленіи *B*.

Такимъ образомъ можетъ случиться, что два честныхъ и повидимому одинаково компетентныхъ наблюдателя, видѣвшіе въ одно и то же время одни и тѣ же движенія лод-

ки, будутъ потомъ совершенно добросовѣстно утверждать—одинъ, что лодка направлялась къ гавани, а другой—что она удалялась отъ нея.

2. Параллельныя линіи, которыя не кажутся параллельными, и линіи, которыя кажутся параллельными, но не суть параллельны.

Когда облака расположены на небѣ въ видѣ полосъ, то часто можно замѣтить, что на горизонтѣ всѣ линіи облаковъ какъ бы сходятся въ одной точкѣ вродѣ того, какъ это изображено на рис. 59. Если все небо покрыто такими полосами облаковъ, и наблюдатель повернется кругомъ, то иногда ему покажется, будто линіи эти сходятся и въ дру-

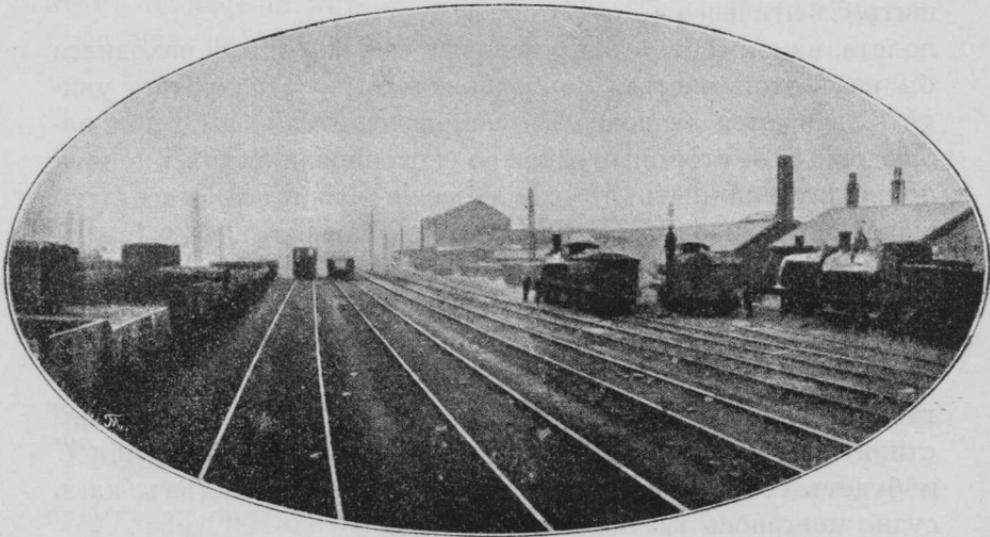


Рис. 58. Жельзнодорожные рельсы въ перспективѣ.

гой точкѣ неба, какъ разъ противоположной первой. Но это явленіе не всегда легко наблюдать. Иногда облака округлены и не расположены по отчетливымъ прямымъ. Но даже и такія неправильныя облака можно при внимательномъ разсмотрѣніи расположить въ ряды и линіи, и если затѣмъ изслѣдовать эти линіи облаковъ, то всегда можно будетъ замѣтить двѣ противоположныя точки, въ которыхъ онѣ сходятся.

Если это расположеніе облаковъ видно вполнѣ ясно, то для наблюдателя не остается никакихъ сомнѣній относительно того, что линіи облаковъ сходятся. И все же мы имѣемъ здѣсь дѣло съ однимъ изъ многихъ обмановъ чувствъ. Въ дѣйствительности, линіи облаковъ параллельны и не сходятся.

Если мы рассматриваемъ какія-нибудь длинныя прямыя линіи, параллельныя между собой, то онѣ кажутся сходящимися въ точкѣ наиболѣе удаленной отъ насъ. Если мы смотримъ, напримѣръ, вдоль внутренности туннеля на входъ или выходъ (рис. 60 А), или же рассматриваемъ желѣзнодорожныя рельсы (рис. 58), то намъ кажется, что рельсы и остальные линіи туннеля, относительно которыхъ мы знаемъ, что онѣ параллельны другъ другу, почти сходятся въ концѣ. Или же, когда мы смотримъ вдоль нѣкоторой прямой дороги, которая ограничена, напримѣръ, съ одной стороны рѣшеткой, а съ другой — стѣной (рис. 60 В), то мы замѣчаемъ такое же явленіе. Это общеизвѣстный фактъ. Онъ составляетъ одинъ изъ законовъ перспективы.

Подробное изслѣдованіе этого явленія завело бы насъ слишкомъ далеко. Здѣсь достаточно ограничиться замѣчаніемъ, что отрѣзокъ кажется намъ тѣмъ короче, чѣмъ меньше уголъ зрѣнія, подъ которымъ мы его видимъ, т. е. чѣмъ дальше онъ отстоитъ отъ наблюдателя.

При этомъ подъ угломъ зрѣнія понимають уголъ, образуемый прямыми линіями, идущими изъ глаза къ крайнимъ точкамъ отрѣзка. Поэтому и разстояніе между двумя параллельными прямыми тѣмъ меньше, чѣмъ больше онѣ удаляются отъ насъ.



Рис. 59. Кажущееся схождение линій облаковъ.

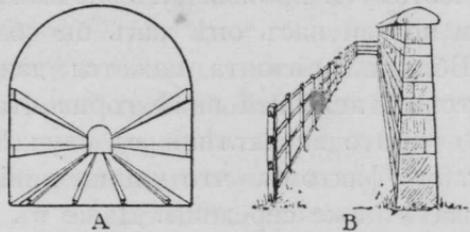


Рис. 60. Примѣры закона перспективы.

Этому закону перспективы, который мы часто можем наблюдать на аллеяхъ, коллонадахъ, плотинахъ и во многихъ другихъ случаяхъ, подчинены также и ряды облаковъ. Если даже линіи облаковъ, гонимыхъ вѣтромъ, въ дѣйствительности представляютъ части концентрическихъ круговъ или расходящихся радіусовъ, то все же эти круги столь огромной величины, и части наблюдаемыхъ линій облаковъ относительно такъ малы, что практически ихъ нельзя отличить отъ линій дѣйствительно прямыхъ и параллельныхъ. Вполнѣ возможно, на примѣръ, двигаясь въ туманную пасмурную погоду вдоль

ограды, идущей вокругъ манежа, считать, что идешь по прямому пути. Точно также можетъ случиться, что два человѣка, удаляющіеся отъ ограды по

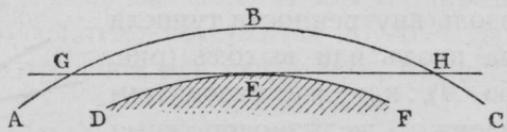


Рис. 61. Шарообразность облачнаго неба.

прямымъ, къ ней перпендикулярнымъ и расположеннымъ на небольшомъ разстояніи другъ отъ друга, находятся въ полной увѣренности, что дороги ихъ параллельны, между тѣмъ какъ они фактически сходятся въ центрѣ.

Параллельныя линіи облаковъ, будучи подчинены упомянутому закону перспективы, кажутся тѣмъ ближе другъ къ другу, чѣмъ дальше онѣ удалены отъ насъ. Надъ нашей головой онѣ намъ кажутся наиболѣе близкими. Здѣсь онѣ поэтому и производятъ впечатлѣніе параллельныхъ. Впереди и позади насъ онѣ какъ бы сближаются по мѣрѣ удаленія. Вблизи горизонта кажется даже, будто онѣ сходятся въ точкѣ, лежащей ниже горизонта.

Это впечатлѣніе въ случаѣ облаковъ усиливается еще тѣмъ фактомъ, что концы линій въ дѣйствительности лежатъ ниже середины. Даже въ томъ случаѣ, если бы небо было плоскимъ, линіи облаковъ по закону перспективы казались бы ближе къ горизонту, чѣмъ средняя часть ихъ къ наблюдателю и поверхности земли. Но небесный сводъ (*ABC* на рис. 61) не представляетъ собой плоскости; это—шаровая поверхность, концентричная съ поверхностью земли *DEF*, и пересѣкающая горизонтъ *GEH*. Въ виду того, что

наблюдателю *E* точки *G* и *H* кажутся ближе, чѣмъ точка *B*, видимое вѣрообразное расположеніе облаковъ кажется тѣмъ болѣе поразительнымъ.

3. Ложное сужденіе о высотѣ.

При взглядѣ на какой-нибудь пейзажъ у насъ часто возникаютъ совершенно ложныя впечатлѣнія о сравнительной высотѣ отдѣльныхъ его частей.

Велосипедисты, легко замѣчающіе малѣйшія неровности почвы, часто замѣчаютъ, что дорога, которая повидимому сравнительно круто подымалась передъ ними, въ дѣйствительности горизонтальна, иногда даже слегка отлога. Но гораздо чаще приходится дѣлать неприятное открытіе, что часть дороги, гдѣ можно было надѣяться на удобную ѣзду, идетъ въ гору.

Такого рода ошибки чаще обусловливаются сужденіемъ, чѣмъ глазомъ. Мы ложно истолковываемъ впечатлѣнія, вызываемыя горизонтальной плоскостью, расположенной позади возвышенности, или спускомъ, смѣняющимъ горизонтальную плоскость, или постепеннымъ расширеніемъ или суженіемъ дороги; заблужденіе можетъ быть порождено еще и тѣмъ, что дорога вступаетъ въ полосу тѣни или выступаетъ изъ нея, или тѣмъ, что размѣры деревьевъ, стоящихъ у дороги, увеличиваются или уменьшаются, и многимъ другимъ.

Не многіе, но общеизвѣстные примѣры могутъ разъяснить это подробнѣе. Мы часто замѣчаемъ, что мѣстность, которая съ высокой горы кажется намъ плоской, какъ столъ, въ дѣйствительности слегка волниста, даже холмиста или гориста, имѣетъ возвышенности и долины, высоко лежащія замки и глубокія ущелья, большіе дуга и рѣки между крутыми лѣсистыми мѣстами. Ложная картина возникла вслѣдствіе того, что мы находились на значительной высотѣ: послѣдняя слаживала всѣ холмы; и мѣстность приняла утомительно плоскій видъ.

Если же мы станемъ съ такой же высоты смотрѣть на болѣе высокій холмъ, находящійся по другую сторону долины, то онъ намъ покажется, какъ это ни странно, круче и выше, чѣмъ если бы мы смотрѣли на него снизу. Точно такъ же, когда мы посмотримъ на море съ ближайшаго холма,

оно кажется намъ значительной величины холмомъ, который подымается отъ берега. Такимъ образомъ разсматриваніе ландшафта съ значительной высоты иногда ведетъ къ уменьшенію холма вплоть до полного его исчезновенія, иногда же къ увеличенію; иногда даже оно вызываетъ впечатлѣніе холма тамъ, гдѣ его вовсе нѣтъ.

Эти противорѣчивые результаты наблюденій отчасти являются слѣдствіемъ того, какъ существующія въ дѣйствительности отношенія представляются въ глазу; отчасти же онѣ основаны на ложныхъ сужденіяхъ, обусловленныхъ тѣмъ обстоятельствомъ, что обычное сужденіе, выработанное при обыкновенныхъ условіяхъ, мы примѣняемъ къ исключительнымъ случаямъ.

Если мѣсто наблюденій находится глубоко внизу, то легко отличить холмы отъ долинъ, потому что выше расположенныя части закрываютъ видъ на болѣе низкія мѣста, расположенныя за ними. Если же мѣсто наблюденія расположено очень высоко, то глазъ лишень этого руководящаго указанія для сужденія о высотѣ: онъ одинаково видитъ внизу предъ собой поверхность холма и долины, а разница въ высотѣ между болѣе высокими и низкими частями такъ ничтожна по сравненію съ ея отдаленіемъ отъ глаза наблюдателя, что почти ускользаетъ отъ него. Въ такихъ случаяхъ наблюденію какъ бы не хватаетъ высотъ и глубинъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда высоты намъ кажутся большими, чѣмъ онѣ есть на самомъ дѣлѣ, болѣе ошибается

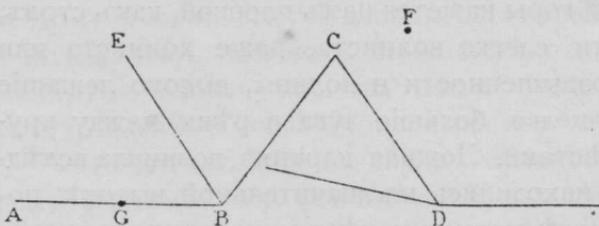


Рис. 62. Къ объясненію ложной оцѣнки наклоновъ и высотъ.

сужденіе, чѣмъ глазъ. Допустимъ, что AB (рис. 62) представляетъ полосу ровной мѣстности, а BCD изображаетъ холмъ. Привыкнувъ къ горизонтальной

плоскости, мы опредѣляемъ крутизну и высоту холма по величинѣ угла ABC .

Если же вмѣсто плоской поверхности AB передъ нами возвышается холмъ со склономъ BE , и мы смотримъ съ E

на холмъ BCD , то основной линіей является не AB , а EB , и сторона противолежащаго холма BC образуетъ съ основной линіей уголъ EBC , который значительно меньше угла ABC . Хотя мы знаемъ, что основная линія EB не горизонтальна, все же въ нашемъ умѣ такъ тѣсно переплелись представленія о крутизнѣ и высотѣ съ опредѣленными углами наклона, что линія BC намъ кажется значительно круче, а вершина C значительно выше, чѣмъ прежде. И когда мы смотримъ на море съ возвышенности, расположенной на берегу, то мы по той же причинѣ легко испытываемъ такое впечатлѣніе, какъ будто поверхность моря подымается передъ нами въ видѣ холма.

Но холмъ, на который мы смотримъ съ противоположнаго холма, можетъ намъ казаться выше, чѣмъ онъ есть, еще по слѣдующимъ двумъ причинамъ.

Всякая возвышенность, если смотрѣть на нее съ верхушки ея, кажется значительно выше, чѣмъ при разсматриваніи снизу. Мы гораздо чаще видимъ высоту дерева, церковной башни или крутого холма снизу, чѣмъ сверху. Если же мы имѣемъ возможность видѣть башню съ верхушки ея, то высота ея производитъ болѣе сильное впечатлѣніе, и она кажется намъ вслѣдствіе этого значительно больше. Поэтому холмъ, если смотрѣть на него съ верхушки, также кажется намъ выше, чѣмъ когда его разсматриваютъ изъ долины, и противолежащій холмъ равной высоты вслѣдствіе этой причины тоже кажется выше.

Наконецъ, наблюдателю, находящемуся на противоположномъ холмѣ, часто открываются болѣе высокія части холма, которыя снизу не были видны. Обратимся еще разъ къ рис. 62; мы видимъ, что если холмъ BCD имѣетъ вторую болѣе высокую вершину F , то она не видна изъ пунктовъ B или G на уровнѣ подошвы холма, такъ какъ склонъ C ее заслоняетъ. Если же взобраться на противоположный холмъ E , то ее можно увидѣть. Такимъ образомъ существуютъ различныя причины, почему холмъ, разсматриваемый съ противоположной возвышенности, кажется больше въ то время, какъ небольшіе холмы, разсматриваемые съ высокой горы, какъ будто теряютъ свою высоту и ихъ нельзя отличить отъ плоской поверхности.

4. Кажущаяся непрерывность зрительных ощущений.

Нашъ глазъ замѣчаетъ большія различія въ поверхности и въ строеніи тѣлъ. Губка, куча зеренъ, сахару или песку,—всѣ эти предметы замѣтно пористы, т. е. состоятъ изъ несовершенно связаннаго вещества. Песчаникъ, кирпичъ, бумага не имѣютъ такихъ замѣтныхъ поръ. Но при ближайшемъ наблюденіи можно замѣтить, что и они состоятъ изъ разрозненныхъ до нѣкоторой степени частей, между которыми находятся пустые промежутки.

Многія другія вещества, судя по внѣшнему виду, имѣютъ совершенно другое строеніе. Поверхность кожи, ногтя, стекла или металлическаго предмета, кусокъ воска или свинца,—всѣ эти тѣла кажутся сплошными и какъ будто не имѣютъ поръ.

Однако болѣе подробное наблюденіе обнаруживаетъ, что это впечатлѣніе ложно. Крыло бабочки или лепестокъ цвѣтка, какими бы гладкими они ни казались глазу, все же построены изъ многихъ маленькихъ частей подобно тому, какъ домъ сложенъ изъ кирпичей.

Если разсматривать лепестокъ цвѣтка подъ микроскопомъ, то мы увидимъ, что онъ выгладитъ, какъ изображено

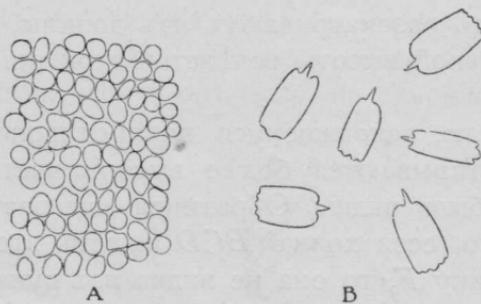


Рис. 63. Примѣръ кажущейся непрерывности.

на рис. 63 *A*; круглыя или округленныя частички представляютъ собой отдѣльныя окрашенныя ячейки, между которыми находятся безцвѣтныя части. Рис. *B* изображаетъ чешуйки крыла бабочки тоже въ значительно увеличенномъ видѣ. Въ своемъ естественномъ положеніи на крылѣ онѣ

всѣ укрѣплены въ одномъ направленіи, одна покрываетъ часть другой подобно черепицамъ крыши.

То же явленіе можно замѣтить на другихъ тѣлахъ и безъ помощи микроскопа. Поле въ маѣ, которое на разстояніи километра кажется огромнымъ блестящимъ смараг-

домъ, въ дѣйствительности состоитъ изъ миллионовъ отдѣльныхъ былиннокъ. Въ сентябрѣ нѣкоторыя равнины нашего отечества издали кажутся одѣтыми въ огромную пурпурную мантию: въ дѣйствительности это—безчисленные, подернутые лучами солнечнаго заката цвѣты вереска, которые вводятъ насъ въ заблужденіе своей не существующей въ дѣйствительности непрерывностью.

Такимъ образомъ мы постоянно должны быть настрожѣ и не считать тѣло сплошнымъ потому только, что оно такъ выглядитъ. Дѣло заключается просто въ томъ, что существуетъ извѣстный низшій предѣлъ для величины возникающихъ въ нашемъ глазу изображеній; ниже этого предѣла они перестаютъ вызывать въ нашемъ мозгу отдѣльныя впечатлѣнія. Если ихъ много, то въ совокупности они производятъ впечатлѣніе непрерывности, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности имѣетъ мѣсто противоположное, а именно разрывность.

IV. Уши въ качествѣ ложныхъ свидѣтелей.

1. Чревовѣщаніе.

Ухо не въ состояніи опредѣлить, по какому направленію или на какомъ отдаленіи слышится звукъ. Оно можетъ лишь воспринимать силу, высоту и тембръ звука. На основаніи этихъ данныхъ мозгъ затѣмъ выводитъ свои заключенія. Начнемъ со

слѣдующаго опыта (Рис. 64). Кто-нибудь съ завязанными глазами садится на стуль. Двое другихъ становятся по сторонамъ возлѣ него. Одинъ держитъ въ рукѣ двѣ монеты, ко-

X B

X C

D X



E X

X A

F X

торыми можетъ стучать. Онъ можетъ воспользоваться также какимъ-нибудь другимъ предметомъ, которымъ можно произвести слабый шумъ.

Рис. 64. Неправильное опредѣленіе направленія звука.

Шумъ производится въ различныхъ мѣстахъ плоскости симметріи головы, и каждый разъ сидящему задають вопросъ относительно направленія, въ которомъ слышенъ шумъ. Чтобы устранить указанія, которыя могутъ быть даны шорохомъ, возникающимъ при движеніи членовъ и рукавовъ, второе лицо каждый разъ двигаетъ руку въ другое мѣсто плоскости симметріи.

Сидящій дѣйствительно не имѣетъ никакого обоснованнаго представленія о мѣстѣ возникновенія звука. Онъ можетъ иногда правильно угадать, но въ большинствѣ случаевъ онъ указываетъ не то мѣсто. Онъ часто будетъ утверждать, что звукъ идетъ изъ *D*, между тѣмъ какъ онъ исходитъ изъ *A*, и отнесетъ къ мѣсту *C* звукъ, идущій изъ *F*.

Правда, кое-что относительно направленія можно сказать, но не на основаніи однихъ только показаній уха. Воспринятые ухомъ звуки должны еще быть переработаны сознаниемъ. Это случается иногда такъ быстро, что кажется скорѣе дѣломъ инстинкта, чѣмъ сознательной работы. Если, напримѣръ, при описанномъ опытѣ шумъ производится немного въ сторонѣ отъ средней линіи, то онъ слышится яснѣе съ этой стороны, и въ этомъ случаѣ лицо, подвергающееся опыту, вообще указываетъ сторону правильно. Если далѣе мы желаемъ опредѣлить, въ какой мѣстности кричитъ кукушка, то мы путемъ ряда испытаній опредѣляемъ то положеніе головы, при которомъ звукъ кажется одному уху наиболѣе яснымъ. Повернемъ голову, и если окажется, что крикъ теперь воспринимается особенно сильно другимъ ухомъ, то мы заключаемъ, что звукъ возникаетъ съ той стороны. Очевидно, что при этомъ ухо доставляетъ намъ указанія лишь относительно силы звука, а не направленія его, и уже разумъ выводитъ дальнѣйшія заключенія изъ положенія головы и силы звука.

Точно такъ же ухо неспособно различать разстояніе, на которомъ возникаетъ звукъ. Слѣдующіе примѣры, оба наблюдавшіеся авторомъ, могутъ это показать. Въ большой комнатѣ спали два человѣка; кровати ихъ находились на разстояніи около 4 метровъ другъ отъ друга. Среди тишины ночи одинъ изъ нихъ услыхалъ слабый шумъ: казалось, что кто-то осторожно шелъ по усыпанной гравіемъ дорожкѣ,

находившейся подъ самымъ окномъ, на короткое время оставивался, какъ будто прислушиваясь или заглядывая въ окно, и затѣмъ тихо шелъ дальше. Тогда онъ спросилъ своего друга, слышитъ ли тотъ, какъ кто-то крадется по дорожкѣ, и послѣ утвердительнаго отвѣта подошелъ къ одному изъ оконъ, чтобы узнать, въ чемъ дѣло. Но онъ ничего не увидѣлъ и не услышалъ, а потому легъ обратно на кровать. То же самое повторилось вторично и при томъ съ тѣмъ же результатомъ. Когда онъ услышалъ шумъ въ третій разъ, то подбѣжалъ къ окну, быстро его открылъ и перегнувшись сталъ звать незнакомца. Опять ничего нельзя было ни увидѣть ни услышать. Онъ закрылъ окно и сталъ очень внимательно прислушиваться, пока шумъ опять не возникъ, и тогда онъ открылъ его причину; оказалось, что шумъ производила бабочка, которая билась крыльями въ пространствѣ между занавѣсью и стекломъ окна. Слабый звукъ въ комнатѣ такъ былъ похожъ на болѣе сильный и отдаленный звукъ, что два человѣка, которые внимательно прислушивались, введены были этимъ въ заблужденіе.

Не уши ихъ обманули. Они сообщили лишь свѣдѣнія относительно высоты звука, силы его и продолжительности, а разумъ вывелъ отсюда ложныя заключенія относительно направленія и происхожденія звука, такъ какъ при данныхъ обстоятельствахъ ему недоставало соотвѣтствующихъ наблюдений.

Вотъ еще примѣръ такого рода. Всякому, кому пришлось жить въ августѣ въ земледѣльческой мѣстности, знакомъ громкій шумъ, производимый молотилкой; шумъ этотъ легко распознается. Однажды этотъ шумъ послышался ясно среди тихой ночи, и при томъ такъ громко, какъ если бы молотилка находилась на крестьянскомъ дворѣ, расположенномъ на разстояніи приблизительно $\frac{1}{2}$ километра; шумъ по временамъ прекращался, затѣмъ снова начинался, то усиливаясь, то ослабѣвая, какъ если бы направленіе и скорость звука измѣнялись благодаря вѣтру. Но въ данномъ случаѣ дѣло происходило въ предмѣстьи большого города, и ближайшій крестьянскій дворъ находился на разстояніи 2 километровъ позади нѣсколькихъ холмовъ; моло-

тилку нельзя было бы услышать на такомъ разстояніи. При томъ было уже около полуночи, и никакая молотилка не могла въ это время работать. Тщательное изслѣдованіе показало, что шумъ былъ слышнѣе въ однѣхъ частяхъ комнаты, чѣмъ въ другихъ. Слѣдуя этимъ указаніямъ, мы скоро нашли то мѣсто, гдѣ шумъ былъ особенно ясно слышенъ и сопровождался тѣми вторичными звуками, которые для него особенно характерны. Въ концѣ концовъ оказалось, что шумъ исходилъ изъ узкой щели между деревянной обшивкой окна и стѣной, куда обвалилось немного штукатурки. Вѣтеръ дулъ черезъ эту щель и колебалъ подвижной кусочекъ обоевъ, который выступалъ надъ обшивкой; онъ дѣйствовалъ на подобіе язычка духового инструмента, и такимъ образомъ получались звуки, сила которыхъ измѣнялась вмѣстѣ съ силой вѣтра.

Въ этомъ случаѣ, какъ и въ первомъ, ухо доставляло свѣдѣнія относительно силы, высоты и тембра звука, разумъ же сперва строилъ на этихъ данныхъ ложныя заключенія относительно происхожденія звука. Обыкновенно образованіе сужденія разумомъ непосредственно слѣдуетъ за воспріятіемъ звука ухомъ. Поэтому намъ часто кажется, что мы не только слышимъ звукъ, но и знаемъ, откуда онъ происходитъ. Однако образованіе сужденія отлично отъ воспріятія звука ухомъ, и при другихъ условіяхъ сужденіе также можетъ оказаться совершенно инымъ.

Этимъ обстоятельствомъ пользуется и чревовѣщатель. Если кто-нибудь ходитъ по гребню крыши, то голосъ его внутри дома производитъ впечатлѣніе слабаго шопота. По мѣрѣ того, какъ онъ удаляется къ краю зданія, шопоть все слабѣетъ. Если мы сидимъ въ какой-нибудь комнатѣ дома, то наше ухо ничего не можетъ намъ сказать относительно направленія звука и разстоянія говорящаго лица. Но изъ измѣненія голоса нашъ разумъ выведетъ заключеніе, что говорящее лицо удаляется отъ насъ. Если же самый голосъ скажетъ намъ, что обладатель его движется по крышѣ, то мы легко повѣримъ этому заявленію. Если бы, наконецъ, кто либо сталъ разговаривать съ лицомъ, находящимся снаружи и получалъ бы осмысленные отвѣты, то иллюзія получилась бы полная.

Таковы условія, при которыхъ работаетъ чревовѣщатель. Когда очередь говорить доходить до человѣка на крышѣ, чревовѣщатель слабо бормочетъ, когда же очередь доходить до него, онъ говоритъ полнымъ, чистымъ голосомъ, чтобы отбѣнить контрастъ съ другимъ голосомъ. Содержаніе его замѣчаній и замѣчаній его мнимаго собесѣдника усиливаетъ иллюзію. Единственнымъ слабымъ пунктомъ въ этомъ обманѣ могло бы оказаться то обстоятельство, что мнимый голосъ находящагося снаружи лица фактически исходитъ отъ человѣка на сценѣ, т. е. имѣетъ ложное направленіе. Но такъ какъ ухо не указываетъ намъ направленія, а разумокъ благодаря внушенію имѣетъ основанія образовать ложное сужденіе, то обманъ удается полностью.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что названіе „чревовѣщатель“ является неподходящимъ. Чревовѣщатель долженъ скрывать отъ своихъ слушателей тотъ фактъ, что когда очередь доходить до его мнимаго партнера, онъ въ дѣйствительности говоритъ самъ. Для этой цѣли онъ пользуется различными уловками. При помощи всякаго рода жестовъ онъ старается отвлечь вниманіе слушателей отъ себя. Склоняясь набокъ и держа руку у уха, какъ будто прислушиваясь, онъ стремится по возможности спрятать свои губы. Когда онъ не можетъ спрятать своего лица, то старается дѣлать лишь самыя необходимыя движенія губами. Удивительно, какъ мало движеній лица нужно искусному актеру. Этому помогаетъ то обстоятельство, что часто требуется лишь неясный слабый шопоть. Движенія губъ скрываются такъ хорошо, что нѣкоторые люди думаютъ, будто голосъ актера выходитъ откуда то изъ глубины; отсюда названіе „чревовѣщатель“.

2. Кажущаяся непрерывность слуховыхъ впечатлѣній.

Ограниченность нашихъ чувственныхъ воспріятій для слабыхъ раздраженій имѣетъ слѣдствіемъ возникновеніе ложныхъ представленій не только въ области зрѣнія, но и въ области слуха.

Когда мы воспринимаемъ протяжный нѣжный звукъ, то получается такое впечатлѣніе, будто причину его слѣдуетъ искать лишь въ совершенно непрерывномъ раздра-

женіи нашего уха. Но фактически это не такъ. Самый нѣжный звукъ обусловливается рядомъ воздушныхъ волнъ, вызванныхъ послѣдовательными воздушными толчками. Удары эти вызываются въ музыкальныхъ инструментахъ какими нибудь колеблющимися частями, напримѣръ, въ язычковыхъ трубахъ колеблющейся пластинкой, такъ называемымъ язычкомъ.

Число ударовъ, необходимое для возникновенія звука весьма разнообразно; наиболѣе низкіе музыкальные тоны вызываются 40, и наиболѣе высокіе 4000 колебаній въ секунду. Но мы можемъ еще воспринимать тоны съ числомъ колебаній между 16 и 38000 въ секунду.

Можно было бы думать, что если звуки вызываются рядомъ послѣдовательныхъ толчковъ воздуха, то мы должны также получать рядъ раздѣльно слѣдующихъ другъ за другомъ впечатлѣній. При извѣстныхъ условіяхъ такъ и есть на самомъ дѣлѣ. Если человѣкъ говоритъ низкимъ голосомъ и при этомъ прижимается спиной къ стѣнкѣ скамьи, то звуки его голоса воспринимаются другимъ лицомъ, опирающимся на ту же спинку, въ видѣ колебаній. Можно также положить руку на грудь или на спину говорящаго лица и предложить ему произнести какое-нибудь слово „басовымъ тономъ“. Когда мы пытаемся произносить басовые звуки, болѣе низкіе, чѣмъ самые низкіе тоны музыкальной шкалы, то мы уже ухомъ начинаемъ различать раздѣльныя колебанія, которымъ эти звуки обязаны своимъ происхожденіемъ. Это и есть причина, почему шкала музыкальныхъ тоновъ меньше шкалы слышимыхъ звуковъ.

Какимъ же образомъ колебанія, имѣющія опредѣленную скорость, вызываютъ въ насъ не раздѣльныя впечатлѣнія, а непрерывные звуки, причиной которыхъ, какъ намъ кажется, является нѣкоторое равномерное непрерывное состояніе? Это явленіе основано на томъ фактѣ, что слуховыя, какъ и зрительныя, впечатлѣнія не прекращаются въ тотъ же моментъ, что и раздраженіе,—т. е. звуковая волна, а длятся еще въ теченіе нѣкотораго времени. На этомъ основано между прочимъ дѣйствіе кинематографа. Такъ какъ показываемыя картины смѣняются очень быстро, то въ глазу сохраняется еще впечатлѣніе, вызванное одной картиной въ то время, какъ другая очень сходная съ первой картина

уже вызываетъ слѣдующее впечатлѣніе. Поэтому мы вовсе не замѣчаемъ смѣны картинъ, и получается такое впечатлѣніе, какъ если бы постепенно измѣнялась одна и та же картина.

То же имѣетъ мѣсто и по отношенію къ звуку и слуху. Всякое слуховое впечатлѣніе длится въ теченіе известнаго времени, и пока оно еще сохраняется, возникаетъ другое такого же рода, являющееся какъ бы продолженіемъ перваго. Такимъ образомъ рядъ отдѣльныхъ звуковыхъ колебаній образуетъ слитное звуковое воспріятіе—тонъ,—конечно, въ томъ случаѣ, когда колебанія достаточно быстро слѣдуютъ одно за другимъ.

Здѣсь мы опять имѣемъ примѣръ того, что наши чувства (безъ помощи искусственныхъ орудій) непригодны въ качествѣ орудій научнаго изслѣдованія. Если они не притупились подъ вліяніемъ того, что мы называемъ цивилизаціей, то они обыкновенно довольно ясно сообщаютъ намъ обо всемъ, что намъ нужно знать въ качествѣ существъ, сходныхъ съ животными; но мы не можемъ полагаться на нихъ, если мы желаемъ изслѣдовать болѣе глубокія причины явленій.

У. Ощущеніе въ роли ложнаго свидѣтеля.

1. Болѣе теплое кажется болѣе холоднымъ.

Тепло и холодъ суть понятія, имѣющія лишь относительный смыслъ, такъ какъ оба выражаютъ лишь различныя степени одного и того же состоянія; они принадлежатъ къ числу такъ называемыхъ „относительныхъ понятій“. То же самое относится и къ нашимъ ощущеніямъ тепла и холода. Предметъ мы называемъ теплымъ или холоднымъ, смотря по тому, выше ли его температура или ниже, чѣмъ нормальная температура нашего тѣла (37° С). Но та часть тѣла, которою мы испытываемъ температуру—напримѣръ, рука,—сама могла быть предварительно охлажденной или нагрѣтой. Отсюда получаютъ поразительные обманы чувствъ.

Наполнимъ водой 4 сосуда. Въ одномъ пусть вода будетъ теплой, но не настолько, чтобы эта теплота оказалась неприятной для руки, въ другомъ сосудѣ *B* пусть вода бу-

детъ холодной, а въ два послѣднихъ сосуда (*C* и *D*) нальемъ смѣсь равныхъ количествъ воды изъ первыхъ двухъ сосудовъ, такъ что температура ея будетъ средней между температурами воды этихъ сосудовъ. Предложимъ теперь лицу, которое не видало всѣхъ этихъ приготовленій, опустить на минуту одну руку въ *A*, другую въ *B* и затѣмъ спросимъ его, гдѣ вода теплѣе; при этомъ мы завяжемъ ему глаза, чтобы помѣшать видѣть паръ, который подымается отъ теплой воды. Лицо это, разумѣется скажетъ, что въ *A* вода теплѣе, чѣмъ въ *B*. Пусть теперь это лицо, вынувъ руки, погрузить ихъ немедленно въ сосуды *C* и *D*. Тогда оно навѣрное будетъ утверждать, что въ *D* вода теплѣе, чѣмъ въ *C*, если только это лицо не знаетъ этого опыта и не захочетъ доставить себѣ удовольствія испортить его.

Причина ошибки очень проста. Рука, погруженная въ воду *C*, сначала нагрѣлась въ *A*; поэтому вода въ *C* показалась ей прохладной или холодной. Рука, опущенная въ воду въ *D*, предварительно охладилась въ *B*; поэтому вода въ *D* ей показалась теплѣе.

Это противорѣчiе можно сдѣлать еще болѣе поразительнымъ, если теплой воды налить въ сосудъ *C* немного больше, чѣмъ въ *D*, такъ что въ первомъ вода станетъ теплѣе, чѣмъ въ послѣднемъ. Несмотря на это разница въ ощущеніи будетъ настолько велика, что вода въ *C* покажется холоднѣе. Можно еще больше поразить того, кто продѣлываетъ опытъ, если вмѣсто двухъ сосудовъ *C* и *D* воспользоваться однимъ сосудомъ такой величины, чтобы данное лицо не замѣтило, что это только одинъ сосудъ. Если затѣмъ снять повязку съ его глазъ въ то время, какъ руки погружены въ сосудъ, то онъ увидитъ, что руки, которыя, какъ ему казалось, были опущены въ двѣ различныя массы воды, на самомъ дѣлѣ находятся въ одномъ и томъ же сосудѣ.

2. Боль въ „ногѣ“ послѣ ея ампутаціи.

Испытывать боль въ органѣ, котораго мы лишились, это кажется нелѣпымъ. И все же это вещь довольно обыкновенная.

Бываетъ также, что въ существующемъ органѣ мы испытываемъ боль, для которой въ этой части тѣла не су-

шествуетъ никакой причины. Это можетъ случиться во снѣ или у лицъ, страдающихъ истеріей. Явленіе это не менѣе удивительно, чѣмъ первое.

Объясненіе его заключается въ слѣдующемъ: боль вообще никогда не сосредоточивается въ томъ органѣ, къ которому мы ее относимъ; она обусловливается процессомъ, происходящимъ въ мозгу. Начинаясь отъ головного мозга, идутъ въ спинномъ мозгу внутри позвоночнаго столба нервныя волокна; отъ нихъ отвѣтвляются группы волоконъ въ различныя части тѣла, подобно тому какъ отъ кабеля, идущаго вдоль дороги, отдѣляется одна или нѣсколько проводящихъ электричество проволокъ, которыя направляются въ города, деревни и отдѣльные дома. Какая-нибудь изъ этихъ проволокъ можетъ быть перерѣзана въ какомъ-нибудь мѣстѣ, удаленномъ отъ конечнаго пункта, и если при помощи телефона, связаннаго съ ея новымъ концомъ, въ главное отдѣленіе поступитъ какое-нибудь заявленіе, то тотъ, кто получитъ его, будетъ думать, что оно идетъ отъ стараго конечнаго пункта.

То же самое происходитъ въ разрѣзанномъ при ампутаціи нервномъ волокнѣ. Всякое нервное волокно направляется къ опредѣленному мѣсту органа или тѣла. Когда нервъ перерѣзанъ, то и перерѣзано также каждое изъ его волоконъ. Во время процесса заживленія или спустя нѣкоторое время послѣ него, когда стягиваніе рубца или что-нибудь другое раздражаетъ волокна, получается такое же ощущеніе, какъ если бы волокна тянулись еще до своего первоначальнаго мѣста назначенія и тамъ испытывали раздраженіе. Если, напримѣръ, раздражаемыя волокна раньше направлялись къ большому пальцу правой ноги, то паціентъ можетъ испытывать боль или зудъ въ этомъ членѣ, послѣ того какъ правая нога уже ампутирована.

3. Моментальное повиновеніе невозможно.

Намъ часто приказываютъ сдѣлать моментально то или другое. Буквальное исполненіе этого приказанія невозможно.

Сначала полученное приказаніе передается по нервамъ отъ уха или глаза въ бюро центрального управленія, т. е.

въ головной мозгъ. Послѣ регистраціи этого сообщенія въ мозгу и установленія связи его съ другими предшествующими или одновременными событіями, мозгъ посылаетъ приказъ рукѣ или ногѣ, которыя должны выполнить необходимыя движенія, чтобы осуществить приказаніе. Это послѣднее приказаніе снова передается по нервамъ къ мѣсту своего назначенія. При передачѣ сообщенія нервы дѣйствуютъ приблизительно такъ же, какъ электрическіе провода. Въ одномъ только отношеніи нервы сильно отличаются отъ проводовъ, а именно въ скорости, съ которой они передаютъ сообщеніе. Электрическій токъ движется по проводкѣ съ такой скоростью, что онъ въ состояніи обойти вокругъ земли нѣсколько разъ въ теченіе одной секунды. Для небольшихъ разстояній дѣйствіе тока, говоря практически, моментально. Скорость же передачи по нервамъ далеко не такъ велика. Найдено, что она составляетъ всего отъ 30 до 45 метровъ въ секунду.

Поэтому должно пройти время, поддающееся измѣренію, пока приказаніе передается ухомъ или глазомъ въ головной мозгъ и затѣмъ возвратится отъ мозга въ мускулы. Въ виду этого даже для самаго послушнаго слуги теоретически невозможно моментальное послушаніе. Къ этому нужно прибавить, что практически существуетъ большая разница между тѣмъ, призываетъ ли колоколъ къ началу работы или къ ея окончанію.

4. Кажущаяся непрерывность осязательныхъ раздраженій.

Кожа на спинѣ и на рукахъ не различаетъ осязательныхъ раздраженій одно отъ другого, если тѣ точки, къ которымъ прикасаются, удалены другъ отъ друга лишь на 5 сантим. Если раздвинуть на такое разстояніе ножки циркуля и одновременно поставить ихъ на кожу (не слишкомъ быстро, если онѣ очень остры), то получается такое впечатлѣніе, какъ будто къ кожѣ прикасаются лишь въ одномъ мѣстѣ. Такимъ путемъ удалось установить, что на тыльной сторонѣ руки мы различаемъ прикосновенія, если разстояніе между ними не меньше 25 миллим., на ладони, — если разстояніе равно 10 — 12 миллим., на концѣ указательнаго пальца, если это разстояніе составляетъ 2 миллим. Наиболѣе

чувствительной частью тѣла въ этомъ отношеніи является кончикъ языка; онъ отличается раздраженія, удаленныя другъ отъ друга на 1 миллим.

По этой причинѣ небольшіе выступы въ песчаникѣ или въ другомъ подобномъ веществѣ, которые меньше 1 миллим., не могутъ быть ощущаемы каждый въ отдѣльности: что такіе выступы все же существуютъ, обнаруживается „шероховатостью“ этихъ предметовъ, т. е. извѣстнаго рода трениемъ, которое они вызываютъ, если проводить по нимъ пальцемъ.

Однако же нѣкоторыя тѣла, напримѣръ, стекло, глазированная посуда или полированные металлы, производятъ даже на самыя чувствительныя части нашего органа осязанія (кожи) ощущение чего-то безусловно гладкаго и сплошнаго. Между тѣмъ подъ микроскопомъ часто оказывается, что эта кажущаяся гладкость и непрерывность только относительны. Полированные поверхности металловъ обнаруживаютъ несомнѣнное кристаллическое строеніе, и слѣдовательно нѣкоторую зернистость. Съ виду совершенно ровныя края при достаточномъ увеличеніи становятся похожими на зазубрины пилы. Съ чувствомъ осязанія повторяется то же, что и съ другими чувствами: непрерывность, которую мы какъ будто замѣчаемъ въ предметахъ представляетъ лишь слѣдствіе несовершенства нашихъ органовъ чувствъ.

Приложеніе. Математическій парадоксъ.

Ахиллесъ не можетъ догнать черепахи.

Однажды черепаха, символъ медлительности, поразила Ахиллеса вызовомъ состязаться въ быстротѣ бѣга. Болѣе разсмѣренный, чѣмъ раздосадованный смѣлостью своей соперницы, Ахиллесъ сейчасъ же согласился. Онъ не дѣлалъ также возраженій, когда рѣчь зашла о томъ, чтобы пустить черепаху впередъ на большой промежутокъ, а именно на половину всего пути въ 200 м. Онъ рассчитывалъ за то время, пока черепаха пройдетъ 1 метръ, пробѣжать больше

то метровъ, и ему поэтому казалось даже что, онъ можетъ дать льготный промежутокъ въ 90⁰/₀, и все же обгонитъ ее.

Во время состязанія онъ къ великому своему удивленію замѣтилъ, что, не смотря на повидимому выгодныя для него условія, онъ никогда не можетъ окончательно нагнать черепаха. Это его такъ смутило, что онъ остановился въ безпомощномъ удивленіи передъ своей неспособностью и стоялъ такъ долго, что черепаха имѣла достаточно времени, чтобы достигнуть цѣли.

Трудность, передъ которой онъ отступилъ, представлена на рис. 65. А представляетъ то мѣсто, съ котораго

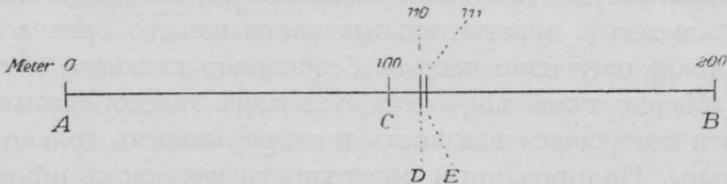


Рис. 65. Почему Ахиллесъ не догонитъ черепахи?

Ахиллесъ начинаетъ свой бѣгъ, *C* есть середина пути, т. е. мѣсто выхода черепахи, *B*—цѣль. Допустимъ, что Ахиллесъ бѣгаетъ въ десять разъ быстрее черепахи. Такимъ образомъ черепаха проходитъ 10 м. въ то время, какъ Ахиллесъ пробѣгаетъ 100 м., отдѣляющихъ его отъ черепахи вначалѣ состязанія. Когда Ахиллесъ находится въ *C*, то черепаха поэтому находится въ *D*, на 10 м. ближе къ цѣли. Пока Ахиллесъ проходитъ 10 м., черепаха подвигается впередъ еще на 1 метръ. Ахиллесъ теперь находится въ *D*, а черепаха въ *E*. Въ то время, какъ Ахиллесъ пробѣгаетъ далѣе этотъ метръ, его противникъ снова подвигается на $\frac{1}{10}$ м. Онъ пробѣгаетъ и это разстояніе, но черепаха за это время снова успѣваетъ пройти $\frac{1}{100}$ м. = 1 сант. Такъ продолжается безъ конца. Всегда черепаха оказывается впереди, хотя и на очень малое разстояніе. Другими словами: Ахиллесъ никогда не можетъ догнать черепахи, а тѣмъ болѣе обогнать ее.

Вотъ эта теоретическая трудность такъ сильно изумила быстроногаго Ахиллеса. Отсюда можно заключить, что у него было больше силы въ ногахъ, чѣмъ въ головѣ. Иначе онъ долженъ былъ бы сказать себѣ слѣдующее,—выражаясь

языкомъ современной математики. Допустимъ, что Ахиллесъ можетъ пробѣжать разстояніе AB въ x секундъ, а черепаха, слѣдовательно, въ $10x$ секундъ, въ такомъ случаѣ этой послѣдней понадобится $5x$ секундъ, чтобы пройти разстояніе BC . Такъ какъ $5x$ больше x , то она придетъ къ цѣли позже Ахиллеса. Итакъ, Ахиллесъ долженъ оказаться побѣдителемъ въ этомъ состязаніи.

Намъ ясно, что такъ это должно быть, и никто не ставилъ бы пари за черепаху. Но отвѣтъ, который намъ сейчасъ далъ математикъ, оставляетъ насъ неудовлетворенными, такъ какъ онъ подходитъ къ дѣлу съ совершенно другой стороны: передъ логикой греческаго философа Зенона, придумавшаго этотъ парадоксъ еще за 500 лѣтъ до Рождества Христова, мы стоимъ пока въ такомъ же смущеніи, какъ Ахиллесъ въ нашемъ шуточномъ разсказѣ.

Мы лучше познакомимся съ сущью дѣла, если мы сложимъ всѣ разстоянія, пройденныя черепахой. Согласно нашимъ прежнимъ разсужденіямъ они равны: 10 м.; 1 м.; $0,1$ м.; $0,01$ м.; $0,001$ м.; $0,0001$ м.; $0,00001$ м. и т. д. Всякій слѣдующій промежутокъ составляетъ одну десятую часть предыдущаго. Математикъ называетъ подобный числовой рядъ: „геометрической прогрессіей“. Чему равна его сумма? Очевидно

$$10 + 1 + 0,1 + 0,01 + 0,001 + 0,0001 + 0,00001 + \dots$$

Точки означаютъ, что сумма состоитъ изъ неограниченнаго числа слагаемыхъ, изъ которыхъ мы выписали только немногія первыя. Эту сумму мы можемъ представить въ видѣ десятичной дроби, а именно $11,1111\dots$. Это безконечная періодическая десятичная дробь съ періодомъ 1 . Превративъ ее въ обыкновенную дробь, мы получимъ $11\frac{1}{9}$. Результатъ поразительный. Если бы мы продолжали разсуждать въ духѣ Зенона до безконечности, то сумма безконечно большого числа все уменьшающихся слагаемыхъ составила бы, какъ показываетъ вычисленіе, все же только $11\frac{1}{9}$ м., т. е. когда черепаха пройдетъ $11\frac{1}{9}$ м., Ахиллесъ догонитъ ее.

Къ тому же результату ведетъ также рѣшеніе задачи при помощи уравненія (пропорціи). Путь, который черепаха пройдетъ, пока ее нагонитъ Ахиллесъ, пусть будетъ x метровъ. Въ такомъ случаѣ путь, пройденный Ахиллесомъ

будетъ $(100 + x)$ метровъ. Такъ какъ пути, пройденные двумя движущимися тѣлами, за равные промежутки времени, относятся между собой, какъ скорости, то мы получаемъ слѣдующую пропорцію:

$$(100 + x) : x = 10 : 1$$

Отсюда имѣемъ, что $10x = 100 + x$ или $9x = 100$ или $x = 11\frac{1}{9}$. Но этотъ послѣдній способъ рѣшенія проблемы не можетъ намъ ничего дать въ смыслѣ возраженій противъ разсужденій Зенона, такъ какъ онъ подобно первому изъ трехъ ариѳметическихъ разсужденій подходитъ къ дѣлу съ совершенно другой стороны и съ совершенно другими средствами.

Возвратимся такимъ образомъ для окончательнаго рѣшенія къ нашей десятичной дроби $11,1111\dots$. Эта дробь показываетъ, что, несмотря на неограниченное число слагаемыхъ, сумма все же имѣетъ конечное, т. е. ограниченное значеніе. Не звучитъ ли и это парадоксально? Неограниченное множество чиселъ складываются и не даютъ все-таки безгранично большаго числа. Въ чемъ причина этого? Это объясняется тѣмъ, что числа этого ряда не возрастаютъ и не остаются равными, а все убываютъ. Остановимся на какомъ-нибудь знакѣ десятичной дроби; значеніе такой дроби будетъ тѣмъ ближе къ истинному, т. е. къ величинѣ $\frac{1}{9}$, чѣмъ большее число десятичныхъ знаковъ мы возьмемъ, такъ какъ каждая послѣдующая „единица“ составляетъ только десятую часть предшествующей; напр. $0,1 = \frac{1}{10}$; $0,11 = \frac{11}{100}$; $0,111 = \frac{111}{1000}$ и т. д.

Достигнуть же значенія $\frac{1}{9}$ мы можемъ лишь въ томъ случаѣ, если вообразимъ себѣ десятичную дробь безконечно продолженной.

Могъ бы, пожалуй, найтись человѣкъ, который будучи убѣжденъ въ справедливости и понятности того, что сейчасъ было сказано относительно чиселъ, все же пришелъ бы въ изумленіе, услышавъ, что и безграничное число отрѣзковъ или путей при сложении другъ съ другомъ могутъ дать при извѣстныхъ условіяхъ лишь вполне ограниченный отрѣзокъ. Ему можно тогда сказать, что тѣ числа, которыми мы сейчасъ пользовались, представляютъ въ собою измѣренія этихъ отрѣзковъ; этимъ дѣло исчерпывается.

Мы постараемся еще больше помочь тому, кто сомневается. Представимъ себѣ отрѣзокъ длиною въ 1 метръ. Раздѣлимъ его на 2, 4, 8, 16, 32 и т. д. частей. Это дѣленіе можно продолжать по желанію безъ конца. Можно вообразить себѣ отрѣзокъ раздѣленнымъ на 1000, 100000, словомъ на безконечно большое число частей. Чему равна сумма всего этого безконечнаго числа частей? Все таки лишь 1 метру. То же самое относится къ разстояніямъ, проходимымъ черепахой. Разница лишь та, что въ послѣднемъ случаѣ мы должны сперва составить эту сумму; поэтому мы не сразу замѣчаемъ, что сумма имѣетъ лишь конечную величину. Если же спросятъ насъ, можемъ ли мы представить себѣ число $11\frac{1}{9}$ м. разложеннымъ на безгранично большое число частей, то мы ни минуты не станемъ медлить съ утвердительнымъ отвѣтомъ.

~~30667~~

37501

~~3238~~





вышли въ свѣтъ слѣдующія изданія:

АРРЕНИУСЪ, СВ. проф. **Физика неба** *). Перев. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*. VIII+250 стр. 8°. 66 черн. и 2 цвѣтн. рис. въ текстѣ. Черная и спектральная таблицы. 1905. Ц. Р. 2.—

Научность содержания, ясность и простота изложенія и превосходный переводъ соперничаютъ другъ съ другомъ. *Русская Мысль.*

АБРАГАМЪ, Г. проф. **Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ** *). Перев. съ франц. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга*.

Часть I: XVI+272 стр. 8°. Свыше 300 рис. 2-е изд. 1909. Ц. 1 р. 50 к. Систематически составленный сводъ наиболѣе удачныхъ, типичныхъ и поучительныхъ опытовъ. *Вѣстникъ и Библіотека Самообразованія.*

Часть II: 434 + LXXV стр. 8°. Свыше 400 рис. 1906. Ц. Р. 2. 75 к. Мы надѣемся, что разбираемый трудъ станетъ настольной книгой каждой физической лабораторіи въ Россіи. *Русская Мысль.*

УСПѢХИ ФИЗИКИ *). Сборникъ статей, подъ ред. *„Вѣстн. Опытной Физики и Элементарной Математики“*. 2-е изданіе VI+148 стр. 8°, 41 рис. и 2 таблицы. 1907. (Печатается 3-е изданіе), Ц. 75 к.

Нужно надѣяться, что послѣднее...послужитъ къ широкому распространенію этой чрезвычайно интересной книги. *Русская Мысль.*

АУЭРБАХЪ, Ф. проф. **Царипа міра и ея тѣнь** *). Общедоступное изложеніе основаній ученія объ **энергіи и затропіи**. Пер. съ нѣм. VIII+56 стр. 8°. 4-е изданіе. 1910. Ц. 40 к.

Слѣдуетъ признать брошюру Ауэрбаха чрезвычайно интересной. *Журн. М. Н. Пр. Проф. О. Хвольсонъ.*

НЬЮКОМЪ, С. проф. **Астрономія для всѣхъ** *). Перев. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*. XXIV+286 стр. 8°. Съ портретомъ автора, 64 рис. и 1 табл. 1905. Ц. Р. 1. 50 к.

И вполне научно, и совершенно доступно, и изящно написанная книга.. переведена и издана очень хорошо. *Вѣстникъ Воспитанія.*

ВЕВЕРЪ, Г. и ВЕЛЬШТЕЙНЪ, І. проф. **Энциклопедія элементарной алгебры** *). Т. I. Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана*. XIV+623 стр. 8°. Съ 38 чертеж. 1907. Ц. Р. 3. 50 к.

Вы все время видите передъ собой мастера своего дѣла, который съ любовью показываетъ великія творенія человѣческой мысли, извѣстныя ему до тончайшихъ подробностей. *Педагогической Сборникъ.*

ДЕДЕКИНДЪ, Р. проф. **Непрерывность и ирраціональные числа** *). Перев. съ нѣм. съ примѣч. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго*; съ присоединеніемъ его статьи: **Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ**. 2-е изд. 40 стр. 8°. 1909. Ц. 40 к.

Небольшой по объему, но, такъ сказать, законодательный по содержанию трудъ... *Русская Школа.*

*) Изданія, отмѣченныя звѣздочкой, Учен. Ком. Мин. Нар. Пр. признаны заслуживающими вниманія при пополненіи учен. библіотекъ средн. учебн. заведеній.

ПЕРРИ, ДЖ. проф. **Вращающийся волчок** *). Публичная лекція. Пер. съ англ. VIII+95 стр. 8°. Съ 63 рис. 2-е изд. 1908. Ц. 60 к.

Книжка, воочію показывающая, какъ люди истиннаго знанія, не цеховой только науки, умѣютъ распоряжаться научнымъ матеріаломъ при его популяризации. *Русская Школа.* С. Шохоръ-Трошкій.

ШЕЙДЪ, К. **Химическіе опыты для юношества.** Перев. съ нѣмецк. подъ ред. лаборанта *Е. С. Ельчанинова.* II+192 стран. 8°. Съ 79 рисунками. 1907. Ц. Р. 1. 20 к

Превосходная книга, какой намъ давно не хватало. Всюду въ книгѣ сохраняешь благоволное чувство, что находишься въ совершенно надежныхъ рукахъ... учить серьезной наукѣ въ болѣ легкой формѣ.

Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur.

ВИХЕРТЬ, Э. проф. **Введение въ геодезію** *). Перев. съ нѣмецк. 80 стр. 16°. Съ 14 рисунок. 1907. Ц. 35 к.

Излагаетъ основы низшей геодезіи, имѣя въ виду пользование ею въ школахъ въ качествѣ практическаго пособия... Изложеніе очень сжато, но полно и поспѣдовательно. *Вопросы Физики.*

ШМИДЪ, Б. проф. **Философская хрестоматія** *). Пер. съ нѣм. *Ю. А. Говсьева* подъ ред. и съ пред. проф. *Н. Н. Ланге.* VI+171 стр. 8°. 1907. Ц. Р. 1. —

... Для человѣка, занятаго самообразованіемъ и немного знакомаго съ философіей и наукой, она (книга) даетъ разнообразный и интересный матеріалъ.

Вопросы философіи и психологіи.

ТРОМГОЛЬТЪ, С. **Игры со спичками.** Задачи и развлечения. Пер. съ нѣм. 146 стр. 16°. Свыше 250 рис. и черт. 1907. Ц. 50 к.

ВЕТГЭМЪ, В. проф. **Современное развитіе физики** *). Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга* и *А. Р. Орбинскаго.* Съ приложеніемъ рѣчи *А. Бальфура: Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества.* VIII+319 стран. 8°. Съ 5 портрет., 6 таблиц. и 33 рисунок. Ц. Р. 2. —

Старается представить въ стройной и глубокой системѣ всѣ явленія физическаго опыта и рисуетъ читателю дѣйствительно захватывающую картину грандіозныхъ завоеваній человѣческаго гения. *Современный Миръ.*

УШИНСКІЙ, Н. проф. **Лекціи по бактериологіи.** VIII+135 стр. 8°. Съ 34 черными и цвѣтными рисунками. 1908. Ц. Р. 1. 50 к.

РИГИ, А. проф. **Современная теорія физическихъ явленій** *). (іоны, электроны, радиоактивность). Пер. съ 3 итальянск. изданія. VIII+146 стр. 8°. Съ 21 рис. 1910. *Второе изданіе.* Ц. 90 к.

Книгу Риги можно смѣло рекомендовать образованному человѣку, какъ лучшее имѣющееся у насъ изложеніе новѣйшихъ взглядовъ на обширную область физическихъ явленій. *Педагогическій Сборникъ.*

КЛОССОВСКІЙ, А. проф. **Физическая жизнь нашей планеты на основаніи современныхъ воззрѣній** *). 46 стран. 8°. 2-е изданіе, испр. и дополн. 1908. Ц. 40 к.

Рѣдко можно встрѣтить изложеніе, въ которомъ въ такой степени соединилась бы высокая научная эрудиція съ картинностью и увлекательностью рѣчи.

Педагогическій Сборникъ.

ЛАКУРЪ, П. и АППЕЛЬ, Я. **Историческая физика** *). Пер. съ нѣм. подъ ред. „*Вѣстн. Опытн. Физики и Элементарн. Матем.*“ Въ 2-хъ том. большого формата, 875 стр. Съ 799 рис. и 6 отдѣльными табл. 1908. Ц. Р. 7. 50 к.

„Нельзя не привѣтствовать этого интереснаго изданія... Книга читается легко; содержитъ весьма удачно подобранный матеріалъ и обильно снабжена хорошо выполненными рисунками. Переводъ никакихъ замѣчаній не вызываетъ“...

Проф. О. Хвольсонъ. *Ж. М. Н. Пр.*

АРРЕНИУСЪ, СВ. проф. **Образование міровъ ***). Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. К. Д. Покровскаго. 208 стр. 8°. Съ 60 рис. 1908. Ц. Р. 1.75 к.
Книга чрезвычайно интересна и богата содержаніемъ. *Педагог. Сборн.*

КАГАНЪ, В. прив.-доц. **Задача обоснованія геометріи въ современной постановкѣ.** Рѣчь, произнесенная при защитѣ диссертациі на степень магистра чистой математики. 35 стр. 8°. Съ 11 чертеж. 1908. Ц. 35 к.

ЦИММЕРМАНЪ, В. проф. **Объемъ шара, шарового сегмента и шарового слоя.** 34 стр. 16°. Съ 6 черт. 1908. Ц. 25 к.
Распространеніе подобнаго рода элементарныхъ монографій среди учащихся весьма желательно. *Русская Школа.*

РИГИ, А. проф. **Электрическая природа матеріи ***). Вступительная лекція. Пер. съ итальянскаго. 28 стр. 8°. 1908. Ц. 30 к.
Эта прекрасная рѣчь обладаетъ всеми преимуществами многочисленныхъ популярныхъ сочиненій знаменитаго профессора Болонскаго университета. *Ж. М. Н. Пр.* Проф. О. Хвольсонъ.

ЛЕМАНЪ, О. проф. **Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.** Пер. съ нѣмецк. П. В. Казанецкаго. IV+43 стр. 8°. Съ 30 рис. 1908. Ц. 40 к.

РЕЙБЕРГЪ, І. проф. **Новое сочиненіе Архимеда ***). Посланіе Архимеда къ Эратосвѣну о нѣкоторыхъ вопросахъ механики. Пер. съ нѣм. подъ ред. и съ предисл. прив.-доц. И. Ю. Тимченко. XV+27 стр. 8°. Съ 15 рис. 1909. Ц. 40 к.
Математикамъ... будетъ весьма интересно познакомиться съ новой драгоценной научной находкой. *Образованіе.*

ВЕЙНБЕРГЪ, Б. П. прив.-доц. **Снѣгъ, иней, градъ, ледъ и ледники ***). IV+127 стр. 8°. Съ 138 рис. и 2 фототип. табл. 1909. Ц. Р. 1.
Mathesis можетъ гордиться этимъ изданіемъ. *Ж. М. Н. Пр.* Проф. О. Хвольсонъ.

КОВАЛЕВСКИЙ, Г. проф. **Введеніе въ исчисленіе бесконечно-малыхъ ***). Перев. съ нѣмецкаго подъ редакц. и съ прим. прив.-доц. С. О. Шапуровскаго. VIII+140 стр. 8°. Съ 18 черт. 1909. Ц. Р. 1.
Книга проф. Ковалевскаго, несомнѣнно, прекрасное введеніе въ высшій анализъ... *Русская Школа.*

ТОМПСОНЪ, СИЛЬВАНУСЪ. проф. **Добываніе свѣта ***). Общедоступная лекція для рабочихъ, прочит. на собраніи Британск. Ассоціаціи 1906. Перев. съ англ. VIII+88 стр. 16°. Съ 28 рис. 1909. Ц. 50 к.
Въ этой весьма интересно составленной рѣчи собранъ богатый матеріалъ по вопросу добыванія свѣта. *Ж. М. Н. Пр.* Проф. О. Хвольсонъ

СЛАВИ, А. проф. **Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „*Вѣстн. Опыт. Физ. и Элемент. Матем.*“. 42 стр. 8°. Съ 36 рис. Ц. 40 к.

СНАЙДЕРЪ, проф. **Картина міра въ свѣтѣ современнаго естествознанія.** Перев. съ нѣм. подъ ред. проф. В. В. Завьялова. VIII+193 стр. 8°. Съ 16 отд. портретами. 1909. Ц. Р. 1. 50 к.
Книга касается интереснѣйшихъ вопросовъ о природѣ. *Педагог. Сборникъ.*

РАМЗАЙ, В. проф. **Благородные и радиоактивные газы.** Пер. подъ ред. „*Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.*“ 37 стр. 16°. Съ 16 рис. 1909. Ц. 25 к.

БРУНИ, К. проф. **Твердые растворы.** Пер. съ итал. подъ ред. „*Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.*“ 37 стр. 16°. 1909. Ц. 25 к.

БОЛЪ, Р. С. проф. **Вѣна и приливы.** Пер. съ англ. подъ ред. прив.-доц. А. Р. Орбинскаго. 104 стр. 8°. Съ 4 рис. и 1 табл. 1909. Ц. 75 к.

КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО „МАТЕЗИСЪ“.

- СЛАВИ, А.** проф. **Безпроводочный телефонъ.** Пер съ нѣм. подъ ред. „*Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат*“ 28 стр. 8°. Съ 23 рис. 1909. Ц. 30 к.
- ЛИНДЕМАНЪ, Ф.** проф. **Спектръ и форма атомовъ.** Рѣчь ректора Мюнхенскаго университета. 25 стр. 16°. Изд. 2-ое. 1909. Ц. 15 к.
- КУТЮРА, Л.** **Алгебра логики.** Перев. съ франц. подъ редакціей и съ примѣчаніями проф. *И. Слешинскаго.* 128 стр. 8°. 1909. Ц. 90 к.
- ВЕВЕРЪ Г. и ВЕЛЬШТЕЙНЪ I.,** проф. **Энциклопедія элементарной геометріи.** Томъ II, книга I. **Основанія геометріи.** Пер. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана.* XII+362 стр. 8°. Съ 144 черт. и 5 рис. 1909. Ц. Р. 3.
- ЛОРЕНЦЪ, Г.** проф. **Курсъ Физики.** Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *Н. П. Кастерина*
Т. I. VIII+348 больш. стр. Съ 236 рис. 1910. Ц. 2 р. 75 к.
Т. II. V+465 стр. больш. 8°. Съ 256 рис. 1910 Ц. Р. 3. 75 к.
- ГЕРНЕТЪ В. А.** **Объ единствѣ вещества.** 46 стр. 16°. Ц. 25 к.
- ЗЕЕМАНЪ П.** проф. **Происхожденіе цвѣтовъ спектра.** Съ приложеніемъ статьи *В. Ритца.* „**Линейные спектры и строеніе атомовъ**“. 50 стр. 16°. Ц. 30 к.
- НЬЮКОМЪ, С.** проф. **Теорія движенія Луны.** (Исторія и современное состояніе этого вопроса). 26 стр. 16°. Ц. 20 к.
- КЛОССОВСКИЙ, А.** проф. **Основы метеорологіи.** XVI+525 стр большого 8. Съ 199 рис., 2 цвѣтн и 3 черн. табл. 1910. Ц. Р. 40
- КЭДЖОРИ, Ф.** проф. **Исторія элементарной математики** (съ нѣкоторыми указаніями для преподав.) Перев. съ англ. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *И. Ю. Тимченко.* XII+368 стр. 8°. Съ рис. 1910. Ц. 2 р. 50 к.
- РАМЗАЙ, В.** проф. **Введеніе въ изученіе физической химіи.** Перев. съ англ. подъ ред. проф. *П. Г. Меликова.* IV+75 стр. 16°. 1910. Ц. 40 к.
- РЮУ, С.** **Геометрическая упражненія съ кускомъ бумаги.** Пер съ англ. XVI+173 стр. 16°. Съ 87 рис. и чертежами. 1910. Ц. 90 к.
- ТОМСОНЪ, Дж. Дж.** проф. **Корпускулярная теорія вещества.** Переводъ съ англійск. *Г. Левинтова.* подъ ред. „*Вѣст. Оп. Физ. и Эл. Мат.*“ VIII+162 стр. 8°. Съ 29 рис. 1910. Ц. 1 р. 20 к.
- ГРАФФЪ, К.** **Комета Галлея.** Пер. съ нѣм. IV+72 стр. 16°. Съ 15 рис. Изданіе второе исправл. и дополненное 1910 Ц. 30 к.
- НИМФЮРЪ Р.** **Воздухоплаваніе.** Научныя основы и техническое развитіе. Пер. съ нѣм. IV+161 стр. 8°. Съ 52 рис. 1910. Ц. 90 к.
- Галлеева Комета въ 1910 году.** *Общедоступное изданіе.* Содержаніе: О вселенной—О Кометахъ—О кометѣ Галлея. 32 стр. 8°. Съ 12 иллюстраціями 1910. Ц. 25 к.
- Кайзеръ Г.** проф. **Развитіе современной спектроскопіи.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „*Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.*“ 45 стр. 16° 1910. Ц. 25 к.
- ГАМПСОНЪ-ШЕФЕРЪ.** **Парадоксы природы.** Книга для юношества, объясняющая явленія, которыя находятъ въ противорѣчій съ повседневымъ опытомъ. Пер. съ нѣм. V+193 стр. 8° Съ 67 рис. Ц. Р. 1 20 к.
- ВЕВЕРЪ и ВЕЛЬШТЕЙНЪ,** проф. **Энциклопедія элементарной математики.** Т. II, кн. 2 и 3. Тригонометрія, аналитическая геометрія и стереометрія. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *В. Кагана.* VIII+322 стр. 8°. Съ 112 рис. 1910. Ц. Р. 2. 50 к.
- Каганъ В.** прив.-доц. **Что такое алгебра?** 72 стр, 16° Ц. 40 к.

Имѣются на складѣ:

МУЛЬТОНЪ, Ф. проф. **Эволюція солнечной системы.** Перев. съ англійск. IV+82 стр. 16⁰ Съ 12 рис. 1908. Ц. 50 к.
Изложеніе гипотезы образованія солнечной системы изъ спиральной туманности съ попутной критикой космогонической теоріи Лапласа.

ЕФРЕМОВЪ, Д. кандид. матем. наукъ. **Новая геометрія треугольника.** 334+XIII стр. 8⁰. 1902. Ц. Р. 2.

Печатаются и готовятся къ печати:

АДЛЕРЪ, А. Теорія геометрическихъ построеній. Перев. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго.*

ПУАНКАРЕ, Г. проф. **Наука и Методъ.** Пер. съ французск. подъ редакц. прив.-доц. *В. Казана.*

КОВАЛЕВСКІЙ Г. проф. **Курсъ дифференціального и интегрального исчисленій.** Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *С. Шатуновскаго.*

ОСТВАЛЬДЪ, В. проф. **Натурфилософія.** Съ двумя дополн. статьями. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. Страсбург. Универс. *Л. Мандельштама.*

ТРЕЛЬСЪ-ЛУНДЪ. **Небо и міровоззрѣніе въ круговоротѣ времени.** Пер. съ нѣмецкаго.

ЛОВЕЛЛЬ, П. **Обитаемость Марса.** Пер. съ англ. Со мног. рис.

ШУБЕРТЬ, Г. проф. **Математическія развлеченія.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „В. Оп. Ф. и Эл. Мат.“.

БОРЕЛЬ, Е. проф. **Курсъ математики для среднихъ учебныхъ заведеній.** Въ обработкѣ проф. *П. Штэккеля.* Пер. съ нѣм. и фр.

СОДДИ, Ф. проф. **Что такое радій?** Переводъ съ англійскаго.

МАРКОВЪ, А. акад. **Исчисленіе конечныхъ разностей.** Въ двухъ частяхъ. Изд. 2-ое.

ЛЕБЪ, В. **Динамика живого вещества.** Переводъ съ нѣм. подъ ред. проф. *В. В. Завьялова.*

АНДУАЙЕ, проф. **Курсъ астрономіи.** Переводъ съ французскаго.

ФУРНЬЕ ДАЛЬБЪ. **Два новыхъ міра (Инфра-міръ. Супра-міръ).** Перев. съ англійскаго.

УСПѢХИ ФИЗИКИ. Сборникъ статей подъ ред. „*Вѣстн. Оп. Физ. и Эл. Мат.*“ Выпускъ второй.

СМИТЪ, А. проф. **Введеніе въ неорганическую химію.** Пер. съ англійск. подъ ред. проф. *П. Меликова.*

МАМЛОКЪ, Л. проф. **Стереохимія.** Переводъ съ нѣмецкаго подъ ред. проф. *П. Меликова.*

ВИНЕРЪ, О проф. **Цвѣтная фотографія.** Переводъ съ нѣмецкаго.

ГЕРАССТЪ, проф. **Ислѣдованія полярныхъ странъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *Г. Танфильева.*

РУДИО. **Архимедъ, Гьйгенсъ, Лагранжъ и Ламбертъ о квадратурѣ круга.** Пер. съ нѣм.

Выписывающіе изъ главнаго склада изданій „Матезисъ“ (Одесса, Новосельская 66) на сумму 5 руб. и больше за пересылку не платятъ.

Подробный каталогъ высылается по требованію бесплатно.

Отдѣленія склада изданій „Матезисъ“.

Въ **Москвѣ** — Книжный магазинъ „Образованіе“, Кузнецкій мостъ, 11.

Въ **С.-Петербургѣ** — Книжный магазинъ Г. С. Цукермана, Александр. пл., 5.

Въ **Варшавѣ** — Книжный магазинъ „Орость“, Новый Свѣтъ, 70.



ОБЪЯВЛЕНІЕ.

ВѢСТНИКЪ ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ

Выходитъ 24 раза въ годъ
отд. вып., не меньше 24 стр.
каждый,

ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ

подъ ред. пр.-доц. В. Ф. Кагана.

Подп. цѣна съ пер. за годъ 6 р., за 1/2 года 3 р. Учащіе въ низшихъ училищахъ и всѣ учащіеся платятъ за годъ 4 р., за 1/2 года 2 р.

Пробный номеръ бесплатно.

Адр.: Одесса. Въ редакцію Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики

Цѣна 1 р. 20 к.



Тип. Акц. Южно-Русскаго
Общества Печатаго Дѣла.
Одесса, Пушкѣнская, № 18