

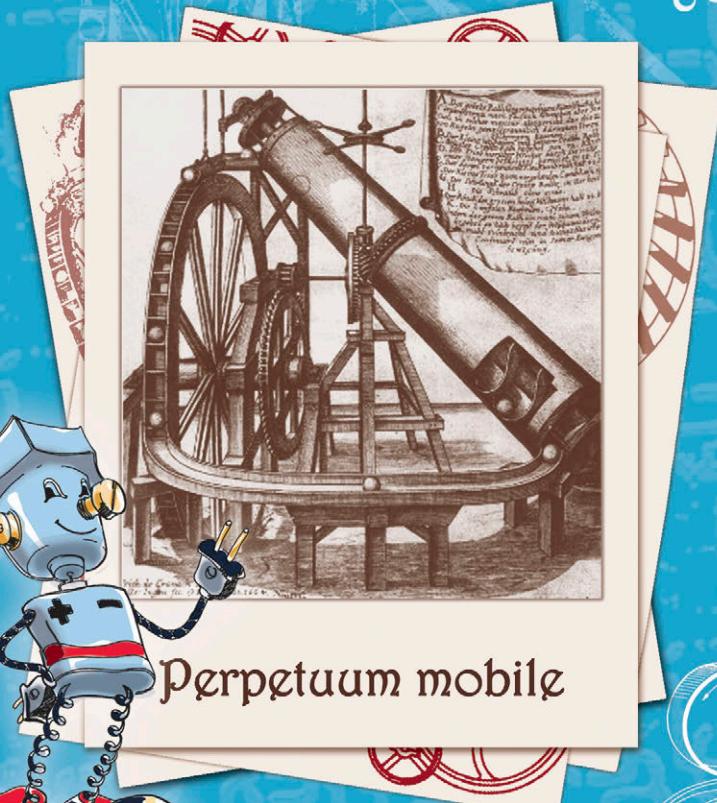


Я.И.ПЕРЕЛЬМАН



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

книга I



Perpetuum mobile



Я.И.ПЕРЕЛЬМАН



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

книга I



РИМИС

издательская
группа

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Банка "Новый Символ".
Москва 2009

УДК 087.5:53(076.1)

ББК 22.3я7

П 27

Издательство «РИМИС» — лауреат Литературной премии им. Александра Беляева 2008 года.

Текст и рисунки восстановлены по книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», вышедшей в издательстве П. П. Сойкина (Санкт-Петербург) в 1913 г.

Перельман Я. И.

П 27 Занимательная физика. Книга 1. — М.: РИМИС, 2009. — 208 с., ил.

ISBN 978-5-9650-0048-7

Предлагаемая Вашему вниманию очередная книга Я. И. Перельмана содержит парадоксы, задачи, опыты, замысловатые вопросы и рассказы из области физики, относящиеся к кругу повседневных явлений или взятые из общеизвестных произведений научной фантастики. Задача книги не столько сообщить читателю новые знания, сколько помочь ему оживить уже имеющиеся, возбудить деятельность научного воображения. Привычные вещи, знакомые явления показываются с новой, неожиданной стороны. Парадоксы подстрекают любознательность. Положения науки иллюстрируются примерами из обыденной жизни, из художественной литературы, из мира современной автору техники. Разбираются распространённые предрассудки. Используются поразительные сопоставления, опыты, игры, фокусы. Забава и любознательность поставлены на службу обучению.

Книга рассчитана на учащихся средней школы и на лиц, занимающихся самообразованием.

Выдающийся популяризатор науки

Певец математики, бард физики, поэт астрономии, герольд космонавтики — таким был и остался в памяти Яков Исидорович Перельман, чьи книги разошлись по всему свету в миллионах экземпляров.

С именем этого замечательного человека связано возникновение и развитие особого — занимательного — жанра научной популяризации основ знаний. Автор более ста книг и брошюр, он обладал редким даром захватывающе интересно рассказывать о сухих научных истинах, возбуждать жгучее любопытство и любознательность — эти первые ступени самостоятельной работы ума.

Достаточно хотя бы даже бегло ознакомиться с его научно-популярными книгами и очерками, чтобы увидеть особую направленность творческого мышления их автора. Перельманставил своей задачей показать обычные явления в необычном, парадоксальном ракурсе, сохраняя в то же время научную безупречность их истолкования. Главной чертой его творческого метода являлось исключительное умение удивить читателя, привлечь его внимание с первого же слова. «Мы рано перестаем удивляться, — писал Перельман в своей статье «Что такое занимательная наука», — рано утрачиваем способность, которая побуждает интересоваться вещами, не затрагивающими непосредственно нашего существования... Вода была бы, без сомнения, самым удивительным веществом в природе, а Луна — наиболее поразительным зрелищем на небе, если бы то и другое не попадалось на глаза слишком часто».

Чтобы показать обычное в непривычном свете, Перельман с блеском применял метод неожиданного сопо-

ставления. Острое научное мышление, огромная общая и физико-математическая культура, умелое использование многочисленных литературных, научных и житейских фактов и сюжетов, их поразительно остроумное, совершенно неожиданное истолкование приводили к появлению увлекательных научно-художественных новелл и эссе, которые читаются с неослабевающим вниманием и интересом. Однако при этом занимательность изложения отнюдь не является самоцелью. Напротив, не науку превращать в забаву и развлечение, а живость, художественность изложения поставить на службу уяснению научных истин — такова сущность литературного и популяризаторского метода Якова Исидоровича. «Чтобы не было верхоглядства, чтобы знали факты...» — этой мысли Перельман неукоснительно следовал на протяжении всей своей 43-летней творческой деятельности. Именно в сочетании строгой научной достоверности и занимательной, нетривиальной формы подачи материала таится секрет неизменного успеха книг Перельмана.

Перельман не был кабинетным литератором, оторванным от живой действительности. Он публицистически оперативно откликался на практические потребности своей страны. Когда в 1918 году был издан декрет СНК РСФСР о введении метрической системы мер и весов, Яков Исидорович первый опубликовал несколько популярных брошюр на эту тему. Он часто выступал с лекциями в рабочих, школьных и воинских аудиториях (прочитал около двух тысяч лекций). По предложению Перельмана, поддержанному Н. К. Крупской, в 1919 году начал выходить (под его же редакцией) первый советский научно-популярный журнал «В мастерской природы». Не остался Яков Исидорович и в стороне от реформы средней школы.

Необходимо подчеркнуть, что подлинным талантом отмечена также педагогическая деятельность Перельмана. На протяжении ряда лет он читал курсы математики и физики в высших и средних учебных заведениях. Кроме того, им было написано 18 учебников и учебных пособий для

советской Единой трудовой школы. Два из них — «Физическая хрестоматия», выпуск 2-й, и «Новый задачник по геометрии» (1923 г.) удостоились весьма высокой чести занять места на полке Кремлевской библиотеки Владимира Ильича Ленина.

В моей памяти сохранился образ Перельмана — широкообразованного, исключительно скромного, несколько застенчивого, предельно корректного и обаятельного человека, всегда готового оказать нужную помощь своим коллегам. Это был истинный труженик науки.

15 октября 1935 года в Ленинграде начал функционировать Дом занимательной науки — здание, овеществленная экспозиция книг Перельмана. Сотни тысяч посетителей прошли по залам этого уникального в своем роде культурно-просветительского учреждения. Среди них был и ленинградский школьник Георгий Гречко — ныне летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, доктор физико-математических наук. Судьба двух других космонавтов — Героев Советского Союза К. П. Феоктистова и Б. Б. Егорова — также связана с Перельманом: в детстве они познакомились с книгой «Межпланетные путешествия» и увлеклись ею.

Когда началась Великая Отечественная война, ярко проявились патриотизм Я. И. Перельмана, его высокое сознание гражданского долга перед Родиной. Оставшись в блокированном Ленинграде, он, уже далеко не молодой человек (ему шел 60-й год), стойко переносил вместе со всеми ленинградцами нечеловеческие муки и трудности блокады. Невзирая на вражеские артиллерийские обстрелы и воздушные бомбардировки города, Яков Исидорович находил в себе силы, чтобы, преодолевая голод и холод, ходить пешком из конца в конец Ленинграда на лекции в воинские части. Армейским, флотским разведчикам, а также партизанам он читал лекции о крайне важном в ту пору деле — умении ориентироваться на местности и определять расстояния до целей без всяких приборов. Да, и занимательная наука служила делу разгрома врага!

К великому огорчению, 16 марта 1942 года Якова Исидоровича не стало — он скончался в блокаду от голода...

Книги Я. И. Перельмана и поныне продолжают служить народу — их постоянно переиздают у нас в стране, они пользуются неизменным успехом у читателей. Книги Перельмана широко известны и за рубежом. Они переведены на венгерский, болгарский, английский, французский, немецкий и многие другие иностранные языки.

Одному из кратеров на обратной стороне Луны по моему предложению присвоено наименование «Перельман».

Академик В. П. Глушко

Выдержки из предисловия к книге «Доктор занимательных наук» (Г. И. Мишкевич, М.: «Знание», 1986).

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая книга по характеру собранного в ней материала несколько отличается от других сборников подобного типа. Физическим опытам, в точном смысле слова, в ней отведено второстепенное место, на первый же план выдвинуты занимательные задачи, замысловатые вопросы и парадоксы из области начальной физики, могущие служить целям умственного развлечения. В качестве подобного же материала привлечены, между прочим, некоторые беллетристические произведения (Жюля Верна, К. Фламмариона, Э. Поэ и др.), затрагиваются вопросы физики. В сборник вошли также и статьи по некоторым любопытным вопросам элементарной физики, обычно не рассматриваемым в учебниках.

Из опытов в книгу включены преимущественно те, которые не только поучительны, но и занимательны, и, к тому же, могут быть выполнены при помощи предметов, всегда имеющихся под рукою. Опыты и иллюстрации к ним заимствованы у Тома Тита, Тисандье, Бойса и др.

Считаю приятным долгом выразить свою признательность ученому лесоводу И. И. Полферову, который оказал мне незаменимые услуги при чтении последних корректур.

Я. Перельман

С.-Петербург, 1912

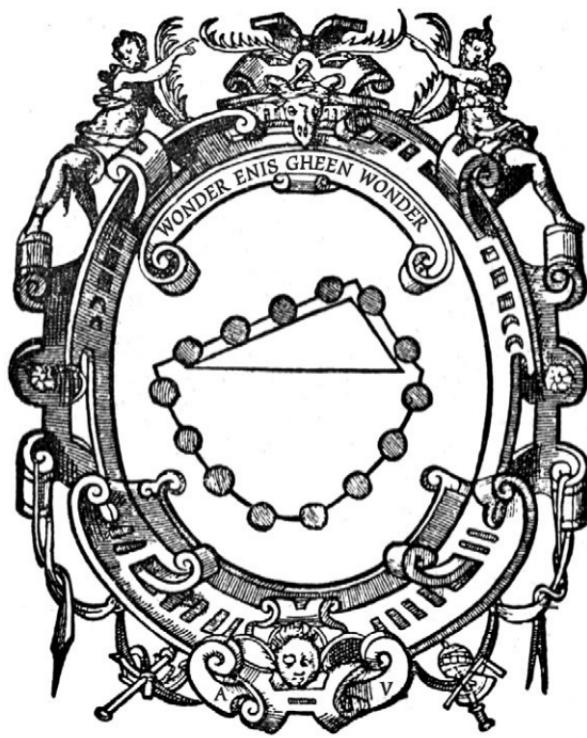


Рисунок Стевина на заглавной странице его книги
«Чудо и не чудо».

ГЛАВА I

Сложение и разложение движений и сил

Когда мы быстрее движемся вокруг Солнца — днем или ночью?

Странный вопрос! Скорость движения Земли вокруг Солнца никак, казалось бы, не может быть связана со сменой дня и ночи. К тому же, на Земле всегда в одной половине день, в другой — ночь, так что самый вопрос, по-видимому, лишен смысла.

Однако это не так. Речь идет не о том, когда Земля движется скорее, а о том, когда мы, люди, движемся скорее в мировом пространстве. А это меняет дело. Не забывайте, что

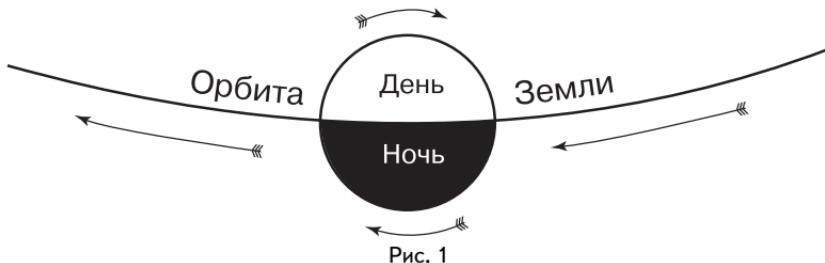


Рис. 1

Люди на ночной половине земного шара движутся вокруг Солнца быстрее, нежели на дневной.

мы совершаляем два движения: несёмся вокруг Солнца и в то же время обращаемся вокруг земной оси. Оба эти движения складываются — и результат получается различный, в зависимости от того, находимся ли мы на дневной или ночной половине Земли. Взгляните на чертеж — и вы сразу увидите,

что ночью скорость вращения прибавляется к поступательной скорости Земли, а днем, наоборот, отнимается от неё.

Значит, ночью мы быстрее движемся в мировом пространстве, нежели днем.

Так как каждая точка экватора пробегает в секунду около полуверсты, то для экваториальной полосы разница между полуденной и полуночной скоростью достигает целой версты* в секунду. Для Петербурга (находящегося на 60-й параллели) эта разница ровно вдвое меньше.

Загадка тележного колеса

Прикрепите сбоку к ободу тележного колеса (или к шине велосипедного) белую облатку и наблюдайте за ней во время движения телеги (или велосипеда). Вы заметите странное явление: пока облатка находится в нижней части катящегося колеса, она видна совершенно отчетливо; напротив, в верхней части колеса та же облатка мелькает столь быстро, что вы не успеваете ее разглядеть. Что же это такое? Неужели верхняя часть колеса быстрее движется, нежели нижняя?

Ваше недоумение еще возрастет, если вы станете сравнивать между собой верхние и нижние спицы катящегося колеса: окажется, что в то время, как верхние спицы сливаются в одно сплошное целое, нижние остаются видимы довольно отчетливо. Дело опять-таки происходит так, словно верхняя часть колеса быстрее катится, чем нижняя. Но между тем мы твердо убеждены, что колесо во всех своих частях движется равномерно.

В чем же разгадка этого странного явления? Да просто в том, что верхние части всякого катящегося колеса действительно движутся быстрее, нежели нижние. Это кажется с первого взгляда совершенно невероятным, а между тем это так и есть.

Простое рассуждение убедит нас в этом. Вспомним, что каждая точка катящегося колеса совершает сразу два дви-

* Верста — русская единица измерения расстояния, равная пятистам саженям или 1 066,781 метра. — Прим. изд.

жения: обращается вокруг оси и в то же время подвигается вперед вместе с этой осью. Происходит сложение двух движений — и результат этого сложения вовсе не одинаков для верхней и нижней части колеса. А именно, в верхней части колеса вращательное движение прибавляется к поступательному, так как оба движения направлены в одну и ту же сторону. В нижней же части колеса вращательное движение направлено в обратную сторону и отнимается от поступательного. Первый результат, конечно, больше второго — и вот поэтому верхние части колеса быстрее перемещаются, нежели нижние.

Что это действительно так, легко убедиться на простом опыте, который рекомендуем проделать при первом же благоприятном случае.

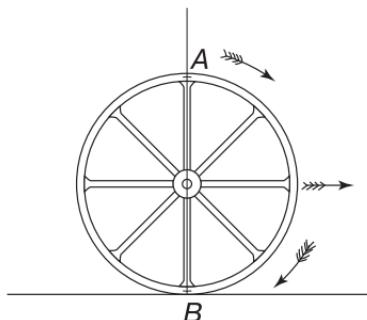


Рис. 2.

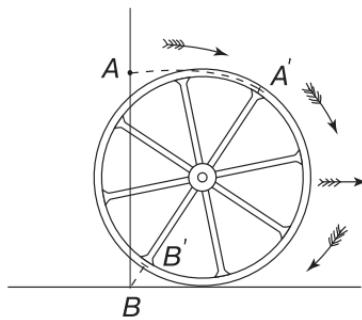


Рис. 3.

Верхняя часть катящегося колеса движется быстрее нижней. Сравните перемещения AA' и BB' .

приятном случае. Воткните в землю палку рядом с колесом стоящей телеги так, чтобы эта палка приходилась против оси (см. рис. 2). На ободе колеса, в самой верхней и в самой нижней частях, сделайте пометку мелом; пометки эти — точки A и B на рисунке — придутся, значит, против палки. Теперь откатите телегу немного вперед (см. рис. 3), чтобы ось отошла от палки примерно на 1 фут*, — и обратите внимание на то, как переместились ваши пометки. Окажется, что верхняя

* Фут — (англ. *foot* — ступня) — британская, американская и старорусская единица измерения расстояния, равная 30,48 сантиметрам. Не входит в систему СИ. — Прим. изд.

пометка — *A* — переместилась значительно больше, нежели нижняя — *B*, которая только чуть-чуть отодвинулась от палки под углом вверх.

Словом, и рассуждение и опыт подтверждают ту странную на первый взгляд мысль, что верхняя часть всякого катящегося колеса движется быстрее, нежели нижняя.

Какая часть велосипеда движется медленнее всех других?

Вы знаете уже, что не все точки движущейся телеги или велосипеда перемещаются одинаково быстро, и что медленнее всего движутся те точки колес, которые в данный момент соприкасаются с землей.

Разумеется, все это имеет место только для катящегося колеса, а не для такого, которое вращается на неподвижной оси. В маховом колесе, например, и верхние и нижние точки обода движутся с одинаковой скоростью.

Загадка железнодорожного колеса

В колесе железнодорожном происходит еще более неожиданное явление. Вы знаете, конечно, что эти колёса имеют на ободе выступающий край. И вот, самая

нижняя точка такого обода при движении поезда перемещается вовсе не вперед, а назад! В этом легко убедиться при рассуждении, подобном предыдущему, — и мы предоставляем читателю самому дойти до неожиданного, но вполне правильного вывода, что в быстро мчащемся поезде существуют точки, которые движутся не вперед, а назад. Правда, это обратное движение длится лишь ничтожную долю секунды,

Когда железнодорожное колесо катится по рельсу направо, точка *P* его обода движется назад, налево.

но дело от этого не меняется: обратное перемещение (и при том довольно быстрое — раза в два быстрее пешехода) все же существует, наперекор нашим обычным представлениям.

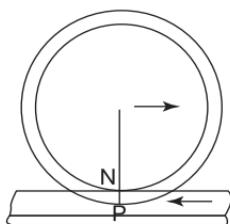


Рис. 4.

Откуда плывет лодка?

Вообразите, что пароход плывет по озеру, и пусть стрелка a на рис. 5 изображает скорость и направление его движения. Наперевес ему плывет лодка, и стрелка b изображает ее скорость и направление. Если вас спросят, откуда отчалила эта лодка, вы сразу укажете пункт A на берегу. Но если с тем же вопросом обратиться к пассажирам плывущего парохода, то они укажут совершенно другой пункт.

Происходит это оттого, что пассажиры парохода видят лодку движущейся вовсе не под прямым углом к его движению. Не следует забывать, что они не чувствуют своего собственного движения. Им кажется, что сами они стоят на

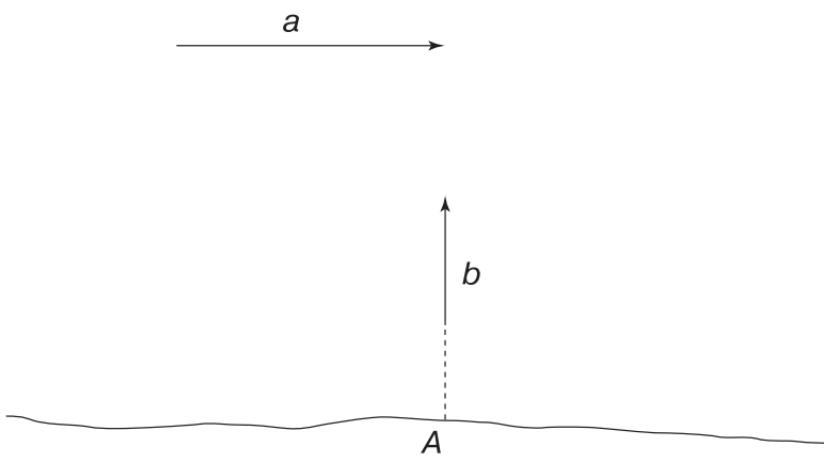


Рис. 5.
Лодка (b) плывет наперевес пароходу (a).

месте, а лодка несется с их скоростью в обратном направлении (вспомните, что мы видим, когда едем в вагоне железной дороги). Поэтому для них лодка движется не только по направлению стрелки b , но и по направлению стрелки c , — которая равна a , но обратно направлена (см. рис. 6). Оба эти движения — действительное и кажущееся — складываются, и в результате пассажирам парохода кажется, будто лодка движется по диагонали параллелограмма, построенного на b и c .

Эта диагональ, обозначенная на рис. 6 пунктиром, выражает величину и направление кажущегося движения.

Вот почему пассажиры будут утверждать, что лодка отчалила в B , а не в A .

Когда мы, несясь вместе с Землей по её орбите, встречаем лучи какой-нибудь звезды, то мы судим о месте исхода этих лучей так же неправильно, как и вышеупомянутые пассажиры ошибаются в определении места отплытия второй лодки. Поэтому все звезды кажутся нам немного перемещенными вперед по пути движения Земли. Но так как скорость движения Земли ничтожна по сравнению со скоростью света (в 10.000 раз

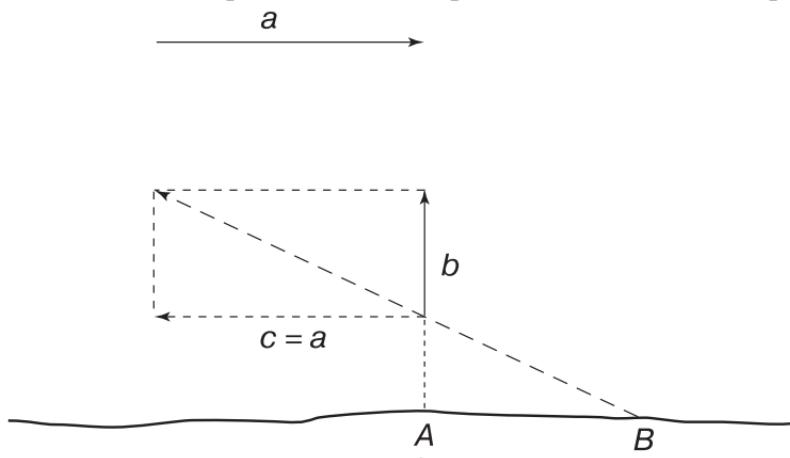


Рис. 6.

Пассажирам парохода (a) кажется, будто лодка (b) плывет из точки B .

меньше), — то и перемещение это крайне ничтожно и улавливается только при помощи точнейших астрономических приборов. Явление это носит название «абберрации света».

Но вернемся к рассмотренной выше задаче о пароходе и лодке.

Если вас подобные явления заинтересовали, попробуйте, не изменяя условий предыдущей задачи, ответить на вопросы: по какому направлению перемещается пароход для пассажиров лодки? К какому пункту берега пароход направляется, по мнению её пассажиров? Чтобы ответить на эти вопросы, вам нужно на линии a построить, как раньше,

параллелограмм скоростей. Диагональ его покажет, что для пассажиров лодки пароход кажется плывущим в косом направлении, словно собираясь причалить к некоторому пункту берега, лежащему (на рис. 6) правее *B*.

Можно ли поднять человека на семи пальцах?

Кто никогда не пробовал делать этого опыта, тот наверное скажет, что поднять взрослого человека на пальцах — невозможно. Между тем это исполняется очень легко и просто. В опыте должно участвовать пять человек: двое подсовывают свои указательные пальцы (обеих рук) под ступни поднимаемого; двое других подпирают указательными пальцами правой руки его локти; наконец, пятый подкладывает свой указательный палец под подбородок поднимаемого. Затем, по команде: — Раз, два, три! — все пятеро дружно поднимают своего товарища, без заметного напряжения.

Если вы проделываете этот опыт впервые, то сами поразитесь, с какой неожиданной легкостью он выполняется. Секрет этой легкости кроется в законе разложения сил. Вес взрослого человека равен в среднем 170 фунтам*; эти 170 фунтов давят сразу на семь пальцев, так что на каждый палец приходится

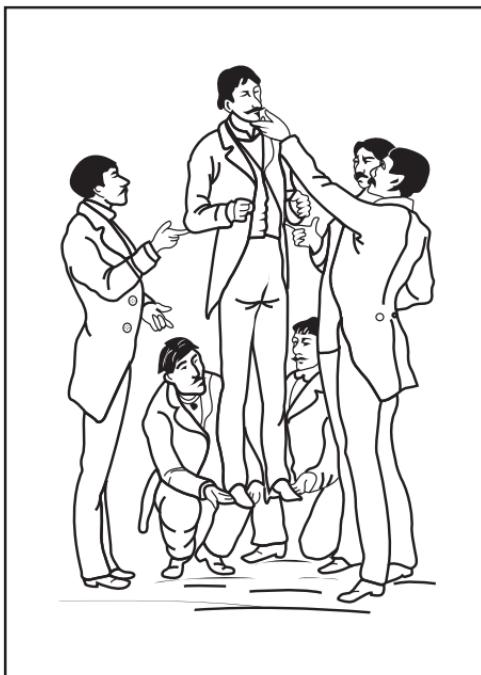


Рис. 7.
Семью пальцами можно поднять взрослого человека.

* Фунт — единица измерения массы; 1 фунт = 0,454 кг. — Прим. изд.

всего только около 25-ти фунтов. Поднять же одним пальцем такой груз для взрослого человека сравнительно нетрудно.

Графин с водой поднять соломинкой

Этот опыт тоже с первого взгляда кажется совершенно невозможным. Но мы уже видели только что, как неосторожно доверять «первому взгляду».

Возьмите длинную цельную крепкую соломинку, согните ее и введите в графин с водой так, как показано на рис. 8: конец её должен упираться в стенку графина. Теперь можете поднимать — соломинка удержит графин.

Вводя соломинку, надо следить за тем, чтобы часть её, упирающаяся в стенку графина, была совершенно прямая; в противном случае соломинка изогнется — и вся система рухнет. Здесь все дело в том, чтобы сила (вес графина) действовала с т р о - г о п о д л и н е соломинки: в продольном направлении солома обладает большой прочностью, хотя легко ломается в поперечном направлении.

Лучше всего предварительно научиться производить этот опыт с бутылкой и лишь затем попробовать повторить его с графином.

Неопытным экспериментаторам мы рекомендуем на всякий случай подстилать на пол что-нибудь мягкое. Физика — великая наука, но графины разбивать незачем...

Следующий опыт имеет с описанным большое сходство и основан на том же принципе.



Рис. 8.

Графин с водой висит на соломинке.

Проткнуть монету иглой

Сталь тверже меди, — и следовательно, под известным давлением стальная игла должна пробить медную монету. Беда только в том, что молоток, ударяя по игле, согнет ее и сломает. Надо, значит, обставить опыт так, чтобы не дать игле возможности сгибаться. Это достигается очень просто: воткните иглу в пробку по её оси — и можете приступить к делу. Монету (копейку) положите на два деревянных брускочка, как показано на рис. 9, а на нее поставьте пробку с иглой. Несколько осторожных ударов — и монета пробита. Пробку для опыта надо выбирать плотную и достаточно высокую.

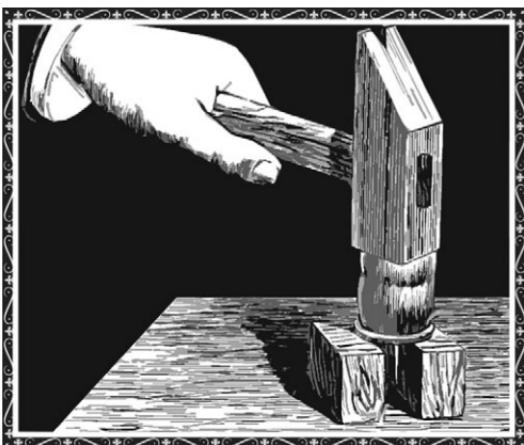


Рис. 9.
Игла пробивает медную монету.

Почему заостренные предметы колючи?

Задумывались ли вы над вопросом: отчего игла вообще так легко пронизывает разные предметы? Отчего сукно или картон легко проткнуть тонкой иглой и так трудно пробить толстым стержнем? Ведь в обоих случаях действует, казалось бы, одинаковая сила.

В том-то и дело, что сила не одинакова. В первом случае все давление сосредоточивается на острие иглы, во втором же случае та же сила распределяется на гораздо большую площадь конца стержня. Площадь острия иглы в тысячи раз менее площади конца стержня, а следовательно, и давление

иглы будет в тысячи раз более, нежели давление стержня — при одном и том же усилии наших мускулов.

Вообще, когда речь идет о давлении, всегда необходимо, кроме силы, принимать во внимание также и величину площади, на которую эта сила действует. Когда нам говорят, что кто-либо получает 600 руб. жалованья, то мы не знаем еще, много ли это или мало: нам нужно знать — в год или в месяц? Точно так же и действие силы зависит от того, распределяется ли сила на квадратный дюйм* или сосредоточивается на $\frac{1}{100}$ кв. миллиметра.

Совершенно по той же причине острый нож режет лучше, нежели тупой.

Итак, заостренные предметы оттого колючи, а отточенные ножи оттого хорошо режут, что на их остриях и лезвиях сосредоточивается огромная сила.



* Дюйм — (от нидерл. *duim* — большой палец) — русское название для единицы измерения расстояния в некоторых европейских неметрических системах мер, обычно равной $\frac{1}{12}$ или $\frac{1}{10}$ («десятичный дюйм») фута соответствующей страны. Слово *дюйм* введено в русский язык Петром I в самом начале XVIII века. Сегодня под дюймом чаще всего понимают английский дюйм, равный 2,54 см ровно. — Прим. изд.

ГЛАВА II

Сила тяжести. Рычаг. Весы

Вверх по уклону

Мы так привыкли видеть весомые тела скатывающимися с наклонной плоскости вниз, что пример тела, свободно катящегося по ней вверх, кажется с первого взгляда чуть не чудом. Однако нет ничего легче, как устроить подобное мнимое чудо. Возьмите полоску гибкого картона, изогните в виде кружка и склейте концы — у вас получится картонное кольцо. К внутренней стороне этого кольца приклейте воском тяжелую монету, например полтинник. Поместите теперь это кольцо у основания наклонной дощечки так, чтобы монета находилась спереди точки опоры, вверху. Отпустите кольцо — и оно само вкатится вверх по уклону (см. рис. 10).

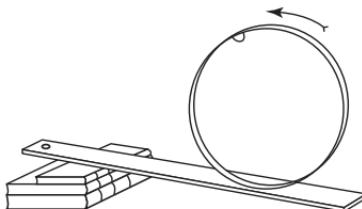


Рис. 10.
Кольцо само вкатывается вверх.

Причина ясна: монета, в силу своего веса, стремится занять низшее положение в кольце, но, двигаясь вместе с кольцом, она тем самым заставляет его катиться вверх.

Если вы хотите превратить опыт в фокус и поразить ваших гостей, то должны обставить его несколько иначе. К внутренней боковой стороне пустой круглой коробки от шляпы прикрепите какой-нибудь тяжелый предмет; затем, закрыв коробку и поместив ее надлежащим образом на середину на-

клонной доски, спросите гостей: куда покатится коробка, если ее не удерживать — вверх или вниз? Разумеется, все в один голос скажут, что вниз, — и будут немало изумлены, когда коробка на их глазах покатится вверх. Наклон доски должен быть для этого, конечно, не слишком велик.

Вопреки силе тяжести

Бильярдный шар и пара киев позволяют произвести подобный же фокус, — подобный, впрочем, лишь по внешности, а не по существу. Положите на стол два кия так, чтобы их острия соприкасались, а толстые концы отстояли друг от друга на поперечник шара. Казалось бы, что шар, положенный у середины киев, должен был скатиться в сторону тонких концов, а не толстых. Но стоит вам проделать этот опыт, чтобы убедиться в противном: шар катится к толстым концам, как бы подымаясь вверх!

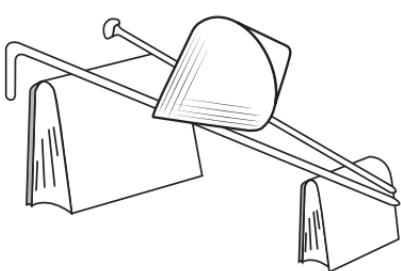


Рис. 11.
Куда катится этот двойной конус?

Секрет в том, что здесь перед нами любопытная иллюзия зрения: так как кии по направлению к толстым концам расходятся врозь, то шар, катясь по ним, опускается все глубже и глубже; поэтому в действительности центр тяжести его следует по линии, понижающейся к толстым концам.

Тот же опыт можно проделать и иначе. Приготовьте из картона два одинаковых конуса и склейте их основаниями. Затем поставьте на стол две книги — одну повыше, другую пониже. На спинки книг положите две ровных палки, — не параллельно, а с небольшим углом между ними. Ваш двойной конус будет по этим палкам катиться не от высокой книги к низкой, а как раз наоборот (рис. 11).

Отличие этих двух опытов от предыдущего заключается в том, что там тело в самом деле катилось вверх по уклону;

здесь же и шар и конусы катятся вверх лишь кажущимся образом, — в действительности-то они катятся вниз. Это лишь иллюзия зрения. Впрочем, центр тяжести во всех трех опытах перемещался вниз, а не вверх.

Опыты эти, конечно, нисколько не противоречат законам падения тел, — наоборот, они именно на них и основаны. Но постановка опытов такова, что простой закон тяжести в них маскируется, и на первый взгляд может показаться, что здесь, действительно, нарушаются строго установленные законы падения тел.

Неожиданный результат

Если человек станет на площадку десятичных весов, попросит кого-нибудь уравновесить его гирами и затем быстро присядет, — то что произойдет с платформой весов в момент приседания?

Возможны три ответа:

- 1) весы не выйдут из равновесия,
- 2) платформа опустится,
- 3) платформа поднимется.

Из ста человек, к которым вы обратитесь с этим вопросом, наверное девяносто дадут первый или второй ответ. Одни скажут: «Вес человека не изменяется оттого, что он приседает, — значит, весы не выйдут из равновесия. Это ведь так ясно!» Другие скажут: «Раз вы приседаете вниз, то и платформа под вами опустится вниз. Это ведь так ясно!»

Однако, как это ни ясно, дело обстоит совсем иначе. Стойте лишь вам самим проделать этот простой опыт, и вы убедитесь, что на деле осуществляется именно третье предположение, которое никому не кажется «ясным».

И все же, ничего неожиданного и непонятного здесь нет. Дело в том, что пока вы стойте, верхняя часть вашего туловища давит на ваши ноги, которые и передают платформе полный вес тела. В момент же приседания ваше туловище находится в движении и, следовательно, не оказывает на ноги прежнего давления. Другими словами, вес тела на это мгно-

вение значительно уменьшается, — и вот почему платформа поднимается вверх. Само собою разумеется, что когда вы окончательно сядете, то туловище опять будет давить на ноги и равновесие восстановится.

За неимением десятичных весов можно проделать другой опыт в том же роде. На одну чашку обыкновенных торговых весов кладут щипцы для раскалывания орехов так, чтобы одно колено их покоилось на чашке, другое же привязывают за ко-

нец (M) бечевкой (A) к крючку (N), как показано на рис. 12. На другую чашку насыпают столько дроби, чтобы весы были в равновесии.

Поднесите к бечевке зажженную спичку; бечевка перегорит, и верхнее колено щипцов упадет на чашку. Что произойдет с весами в этот момент?

Теперь вы не удивитесь уже, если увидите, что чашка со щипцами на мгновение поднимется вверх.

А что будет с платформой десятичных весов, если человек, сидящий на ней, быстро встанет во весь рост? Да то же самое: движущееся туловище не передает своего веса ногам, и платформа должна приподняться.

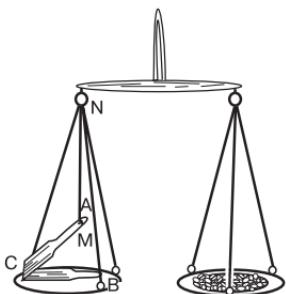


Рис. 12.

Что станет с весами, если бечевку A пережечь?

най, быстро встанет во весь рост? Да то же самое: движущееся туловище не передает своего веса ногам, и платформа должна приподняться.

Можно ли послать ядро на Луну?

Как известно, Жюль Верн заставил членов американского «Пушечного клуба» послать ядро на Луну и даже самим совершить в нем полет вокруг нашего спутника. Вероятно, читателям увлекательного романа Жюля Верна небезинтересно узнать: возможно ли в действительности подобное предприятие?

Сначала рассмотрим другой вопрос: можно ли выстрелить из пушки так, чтобы ядро никогда не упало на Землю, а вечно кружилось вокруг нашей планеты, наподобие спутника? Оказывается, что это вполне возможно. В самом деле, почему ядро, выброшенное пушкой горизонтально, в конце концов

падает на Землю? Потому, что притяжение Земли искривляет его путь; оно следует не по прямой линии, а по кривой, и потому, наконец, встречается с Землей. Земная поверхность, правда, тоже искривлена, но путь ядра изгибается круче, чем земная поверхность. Однако кривизну пути ядра можно ослабить и сделать ее одинаковой с искривлением земного шара. Как этого достигнуть, скажем после, — а пока обратим внимание читателя на то, что при таком условии ядро никогда не упадет на Землю! Оно будет следовать по кривой, концентрической с окружностью земного шара, другими словами — сделается его спутником, как бы второй Луной.

Теперь рассмотрим, каким образом добиться того, чтобы ядро, выброшенное пушкой, шло по пути, не менее искривленному, чем земная поверхность. Оказывается, что для этого необходимо только сообщить ядру достаточную скорость. Обратите внимание на рис. 13, изображающий разрез земного шара. На горе в точке A стоит пушка. Ядро, выброшенное ею по касательной, было бы через секунду в точке B , — если бы не существовало притяжения Земли. Тяжесть меняет дело, и под влиянием этой силы ядро через секунду окажется не в точке B , а на 5 метров ниже, в точке C . Пять метров — это путь, проходимый всяким свободно падающим телом в первую секунду под влиянием силы тяжести близ поверхности Земли*. Если, опустившись на 5 метров, наше ядро окажется над уровнем земли ровно настолько же, насколько и в точке A , — то это значит, что оно следует по кривой, концентрической с окружностью земного шара.

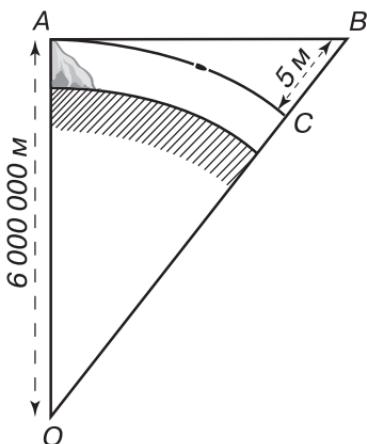


Рис. 13.
Как надо стрелять из пушки, чтобы ядро никогда не упало на землю.

* Мы округлили цифру; более точная величина — 4,9 метра.



Рис. 14.

При скорости $7\frac{1}{2}$ верст в секунду пушечное ядро может превратиться в спутника земного шара.

Теперь вопрос в том, чтобы вычислить отрезок AB — тот путь, какой проходит ядро в секунду. Вычислить его нетрудно из треугольника AOB , в котором OA = радиусу земного шара (6 000 000 метров); $OC = OA$; $BC = 5$ метров, следовательно, $OB = 6 000 005$ метров. Отсюда, по теореме Пифагора, имеем:

$$AB = \sqrt{6 000 005^2 - 6 000 000^2} = 7740 \text{ м},$$

т. е. около $7\frac{1}{2}$ верст.

Итак, ядро, выброшенное из пушки со скоростью $7\frac{1}{2}$ верст, никогда не упадет на Землю, а будет вечно кружиться вокруг неё, подобно спутнику. Такой скорости наши пушки дать пока не могут, но со временем, быть может, мы этого и достигнем.

Разница не так уж велика: современные пушки сообщают ядрам скорость (при выходе из орудия) всего вдвадцатеро мене.

Что же станется с ядром, выброшенным из пушки с еще большей скоростью? В небесной механике доказывается, что ядро при скорости в 8, 9, даже 10 верст, вылетев из жерла пушки, будет описывать вокруг земного шара эллипс тем более вытянутый, чем больше начальная скорость ядра. И только при скорости $7\frac{1}{2} \times \sqrt{2}$, т. е. приблизительно при скорости в $10\frac{1}{2}$ верст, ядро вместо эллипса опишет незамкнутую кривую — параболу; оно уйдет в бесконечный простор вселенной, навсегда удалившись от нашей солнечной системы.

Мы видим, следовательно, что теоретически нет ничего невозможного в идеи путешествовать по мировому пространству в ядре, выброшенном с достаточно большой скоростью. Правда, на практике это еще не осуществлено, но препятствия — чисто технические; возможно, что в будущем изобретут взрывчатое вещество такой силы, которая достаточна будет для придания снарядам секундной скорости в 8—10 верст. Тогда отправка ядра на Луну не представит никаких затруднений.

Как Жюль Верн описал путешествие на Луну, и как оно должно было бы происходить в действительности

Итак, послать ядро на Луну возможно — это не противоречит законам механики. Можно и поместить пассажиров внутри ядра, как это описано у Жюля Верна в романе «Вокруг Луны». Но не все подробности этого воображаемого путешествия описаны у французского романиста правильно. Фантазия Жюля Верна многое предусмотрела, многое угадала, — однако не все. Об одном из этих упущений мы сейчас и поведем речь.

Помните ли вы тот интересный момент путешествия, когда ядро пролетало нейтральную точку, одинаково притягываемую Землей и Луной? Все предметы внутри ядра утратили свой вес, и сами путешественники, подпрыгнув, повисли в воздухе без всякой опоры...

Все это описано совершенно верно, — но дело в том, что то же самое было и до и после перелета через нейтральную точку. Путешественники, как и все другие предметы внутри ядра, сделались невесомыми с первого же момента полета, и им вовсе не было нужды ждать нейтральной точки, чтобы испытать эти странные ощущения.

Это утверждение кажется невероятным, — но читатель, мы уверены, скоро согласится с нами и даже будет удивляться, как он сам не заметил ранее столь явного упущения.

Чтобы убедить читателя, возьмем пример из того же романа «Вокруг Луны». Вы помните, конечно, как пассажиры ядра выбросили наружу труп их собаки Спутника и как они с удивлением заметили, что труп вовсе не падает на Землю, а продолжает нестись вперед вместе с ядром. Жюль Верн совершенно верно описал это явление и дал ему вполне правильное объяснение. Действительно, в пустоте, как известно, все тела падают с одинаковой скоростью — т. е. притяжение Земли сообщае всем телам одинаковое ускорение. В данном случае и ядро и труп собаки должны были под действием силы земного притяжения приобрести одинаковую скорость падения; или, иначе говоря, их поступательная скорость, сообщенная им при вылете из пушки, должна под действием тяжести уменьшиться на одну и ту же величину. Это значит, что скорость ядра и скорость собаки во всех точках пути должны оставаться равными, — вот почему труп собаки, выброшенный наружу ядра, продолжал следовать за ним, нисколько не отставая.

Но если труп собаки, по-видимому, не падает к Земле, находясь вне ядра, то почему же будет он «падать», находясь внутри его? Ведь и там и тут действуют одинаковые силы, и тело собаки, помещенное внутри ядра без всякой опоры, должно оставаться висящим в воздухе: оно имеет совершенно ту же скорость, что и ядро, и, следовательно, остается по отношению к нему в покое.

Что верно для тела собаки, то верно и для тел пассажиров и для всех вообще предметов внутри ядра: все они во всех точках пути имеют такую же поступательную скорость, как и

само ядро, и, следовательно, не нуждаются ни в какой опоре, чтобы оставаться в равновесии. Стул, стоящий на полу летящего ядра, можно поместить вверх ножками у потолка — и он вовсе не упадет «вниз», потому что будет продолжать нестись вперед вместе с потолком ядра. Пассажир может усесться вниз головой на этот стул и спокойно сидеть на нем, не испытывая ни малейшего стремления падать на пол ядра. Какая сила может заставить его упасть? Ведь если бы он «упал», то это значило бы, собственно говоря, что ядро мчится в пространстве с большей скоростью, чем он сам (иначе он не приблизился бы к полу). А между тем, это невозможно: мы знаем, что все предметы внутри ядра участвуют в его движении, движутся с тою же скоростью, как и оно само.

Всего этого не заметил Жюль Верн: он полагал, что предметы внутри свободно несущегося ядра будут продолжать давить на свои опоры, как давили они тогда, когда ядро было неподвижно. Он упустил из виду, что весомое тело давит на опору только потому, что опора неподвижна; если же и тело и опора движутся в пространстве с одинаковой скоростью, то они друг на друга давить не могут. Когда вы сидите в вагоне лицом к паровозу и опираетесь спиной о стенку вагона, разве вы чувствуете, что эта стенка несется вперед с огромною скоростью? Нет, вы не ощущаете никакого давления, потому что сами несетесь вперед с точно такою же скоростью.

Для тех, кому это все еще кажется невероятным, сделаем дополнительное пояснение. Допустим, что вместо ядра пушка извергла из себя две монеты, лежащие одна на другой. Будет ли верхняя монета давить на нижнюю? Нет, не будет: обе несутся с одинаковой скоростью. Прекрасно. Теперь вообразите вместо нижней монеты пол нашего вагона-ядра, а вместо верхней — наших путешественников: будут ли их тела давить на пол? Конечно нет. А если они не будут давить на пол, то ведь это и значит, что они невесомы!

Итак, пассажиры ядра с первого же момента путешествия не имели никакого веса и могли свободно «ходить по воздуху» внутри ядра; точно также и все предметы внутри него долж-

ны были казаться пассажирам совершенно невесомыми. Следовательно, во все время путешествия (а не только в момент перелета через нейтральную точку) наши пассажиры находились в совершенно необычайных условиях невесомости. По этому признаку они очень легко могли определить, движутся ли они или продолжают неподвижно оставаться на дне пушки. А между тем Жюль Верн подробно описывает (во второй главе романа), как пассажиры в первые полчаса путешествия тщетно ломали голову над вопросом: летят они или нет?

«— Николь, движемся ли мы?

Николь и Ардан переглянулись: они не чувствовали колебаний ядра.

— Действительно! Движемся ли мы? — повторил Ардан.

— Или спокойно лежим на почве Флориды? — спросил Николь.

— Или на дне Мексиканского залива? — прибавил Мишель».

Такие сомнения возможны у пассажиров парохода, но немыслимы, как мы видели, у пассажиров свободно несущегося ядра: первые вполне сохраняют свой вес, вторые же не могут не заметить, что сделались невесомыми.

Странное явление должен представлять собой этот фантастический вагон-ядро! Перед нами крошечный мир, где тела лишены веса, где предметы, выпущенные из рук, спокойно остаются на месте, где тела сохраняют равновесие во всяком положении, где вода не выливается из опрокинутой бутылки... Все это упустил из виду автор книги «Вокруг Луны», — а между тем, какой простор эти неограниченные возможности могли бы дать фантазии романиста!

Между прочим, отсутствие весомости странным образом сказалось бы на свойствах жидкостей, — но об этом мы побеседуем особо — в главе VI.

Прежде чем покончить с этим, разрешим одно недоумение, которое может, пожалуй, еще возникнуть кое у кого из читателей. Нас могут спросить: почему же не становятся невесомыми пассажиры аэростата? Да потому, что аэростат никогда

не движется с в о б о д н о, а преодолевает сопротивление воздуха; пассажиры аэростата этого сопротивления не испытывают; поэтому сила тяжести сообщает пассажирам большее ускорение, нежели аэростату; различие скоростей и сказывается в ощущении весомости (ноги пассажиров давят на корзину аэростата). То же относится и к плавающему судну, к железнодорожному вагону и т. п.

Необыкновенная тележка

Путешественники по Японии не раз выражали удивление бескорыстию японских возниц, которые без всякой добавочной платы охотно отвозят обратно седоков, предпочитая везти свою «джинрикшу» (возок) (см. рис. 15) нагруженной, нежели пустой. Это изумительное бескорыстие японских возниц станет понятнее, если мы докажем, что на ровной дороге нагруженную джинрикшу легче вести, нежели пустую... Такое парадоксальное утверждение находит себе объяснение в законах рычага. Мы сейчас в этом убедимся.

Рисунок 16 упрощенно изображает возницу, везущего джинрикшу с седоком. Линия *AB* — между точкой приложения рук возницы и точкой опоры седока — есть не что иное, как неравноплечий

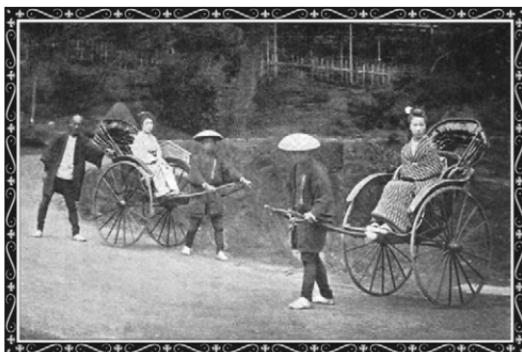


Рис. 15.

Японские возки — джинрикши, которые легче везти нагруженными, нежели пустыми.

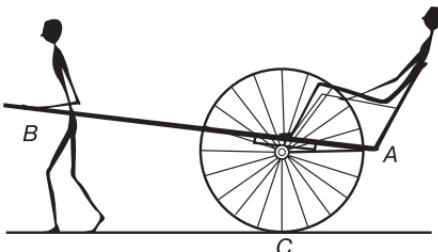


Рис. 16.

Равновесие сил на японском возке.

рычаг, вращающийся вокруг оси колеса; возница напирает на длинное плечо, седок — на вдвое более короткое. Поэтому половина веса тела возницы уравновешивается весом седока; а это все равно, как если бы возница стал вдвое легче — ведь ногам его приходится нести вдвое меньший груз. Работа же по перемещению веса седока и другой половины веса возницы по ровной дороге с помощью легких колес — крайне незначительна. Всех этих преимуществ возница лишен, если его джинрикша пуста, — так как тогда половина веса его собственного тела уже не уравновешивается весом пассажира.

Отсюда следует, что японскую джинрикшу — в отличие от всех иных экипажей и повозок мира — действительно легче вести нагруженной, нежели пустой.

Но так происходить лишь на дороге совершенно ровной и горизонтальной. Если же дорога имеет наклон, и возок приходиться тащить в гору — дело меняется. Вместо японского возка мы, для разнообразия, рассмотрим английскую тележку или одноколку при двух положениях седока.

Рассмотрите рис. 17 и попробуйте, на основании законов рычага, объяснить, почему тележку с седоком легче везти в гору, если седок сидит в передней, а не в задней её части.

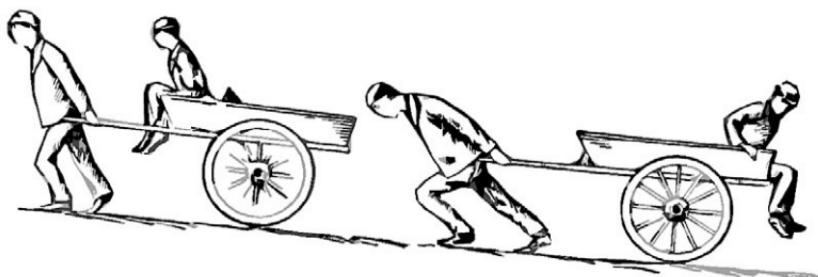


Рис. 17.
Какую тележку легче везти в гору и почему?

Надо рассуждать так: если седок расположен впереди оси колес, то вес его тела через поручни тележки привлекается к весу тела везущего: последний становится тяжелее, и ему не приходится прилагать больших усилий к тому, чтобы

мешать тележке скатываться вниз. Если же седок располагается на заднем конце тележки, то, как мы уже видели, он облегчает вес тела возницы; вот почему последнему приходится сильно наклоняться вперед, напрягая мускулы, чтобы помешать обратному скатыванию тележки.

Другое дело, когда тележку с седоком катят вниз по уклону: здесь уменьшение веса, как и в случае с джинрикшей, выгодно для возницы, а увеличение — невыгодно. Поэтому правый возница на рис. 18 бегом катит тележку, между тем как левый катит ее шагом и с большим напряжением.

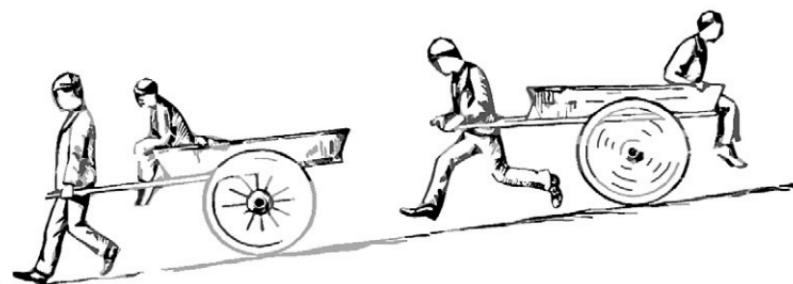


Рис. 18.
Кому труднее везти тележку под гору и почему?

Веревочные весы

Из веревок и картона нетрудно смастерить весы, которыми можно пользоваться даже для хозяйственных надобностей.

В горизонтальную полку вбейте два гвоздя на расстоянии полуаршина* один от другого. К ним привяжите концы крепкой двухаршинной бечевки, предварительно завязав узел строго посередине её длины. Теперь приготовьте из кусков картона «чашки», которые и подвяжите на бечевках на расстоя-

* Аршин — старая русская мера длины, употреблявшаяся до введения метрической системы мер. В России вошла в употребление с XVI века. Первоначально аршин равнялся 27 английским дюймам, при Петре I размер аршина был установлен в 28 дюймов и оставался неизменным. 1 аршин = 16 вершкам = 71,12 см. — Прим. изд.

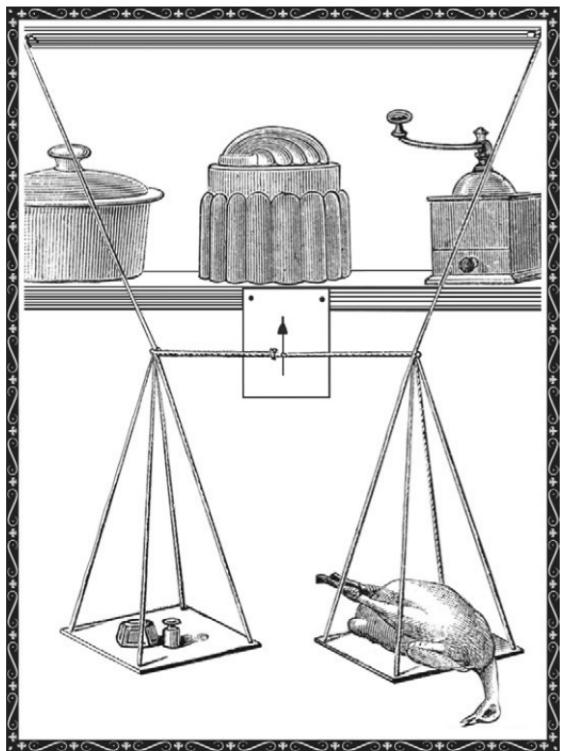


Рис. 19.
Самодельные весы из веревок.

нии 5—6 вершков* в обе стороны от узла. К полке прибейте кусок картона, на котором поставьте знак — стрелку, как раз против того места, где находится узел.

Теперь весы готовы. Когда «чашки» нагружены одинаково, узел приходится против стрелки. Если же какая-либо из чашек перетягивает, то средняя часть бечевки, отвечающая коромыслу весов, наклоняется в соот-

ветствующую сторону и тянет туда же узел.

Чтобы наши веревочные весы действовали правильно, необходимо изготовить их чрезвычайно тщательно: гвозди должны быть на одной горизонтальной линии, узел должен быть строго посередине и т. д. Достичь этого трудно, поэтому мы объясним сейчас —

как на неверных весах взвесить верно.

Не думайте, что если у вас имеются неверные весы, то с их помощью нельзя произвести верного взвешивания. Ничего

* Вершок — старорусская единица измерения. Первоначально равнялась длине основной фаланги указательного пальца. 1 вершок = $\frac{1}{48}$ сажени = $\frac{1}{16}$ аршина = $\frac{1}{4}$ пяди = 1,75 дюйма = 4,445 см. — Прим. изд.

нет легче, как взвесить верно на неверных весах. Надо только знать, как взяться за дело.

А дело очень просто. Положив предмет, подлежащий взвешиванию, на одну чашку весов, насыпайте на другую песку (или дроби) до тех пор, пока весы не придут в равновесие. Затем, сняв с чашки взвешиваемый предмет (песок не трогают), кладите на него гири до тех пор, пока весы снова не уравновесятся. Ясно, что теперь гири равны весу снятого с чашки предмета, так как предмет и гири вполне заменяют друг друга. Отсюда и название способа — «взвешивание заменой».

На пружинных весах, имеющих только одну чашку, этот простой прием также вполне применим. Здесь нет надобности запасаться песком или дробью. Положите взвешиваемую вещь на чашку и заметьте, у какого деления остановится указатель. Затем, сняв вещь с безмена, поставьте на чашку столько гирь, сколько надобно для того, чтобы указатель остановился у того же деления. Вес этих гирь, очевидно, должен равняться весу вещи.

Так как пружинные весы часто портятся, то мы советуем всегда применять этот прием, который дает верный результат даже на неверных весах. Он пригоден, конечно, для проверки всякого рода иных весов, будут ли это весы с коромыслом, весы столовые, безмен и т. д.

Если, покупая товар в магазине, вы сомневаетесь в правильности весов, заставьте продавца перевзвесить еще раз по только что описанному способу — и недовес, если он был, сразу скажется. Разумеется, при этом мы полагаем, что в вашем распоряжении имеются вполне верные гири.

Как взвешивать, не имея гирь?

Гири далеко не всегда оказываются под руками, и потому всякому полезно запомнить, что за неимением гирь можно с успехом пользоваться... деньгами! В самом деле, монеты чеканятся вполне определенного веса, и зная это, можно в случае нужды (разумеется — не денежной) обходиться без гирь. Кто читал роман Жюля Верна «Гектор Сервадак», тот знает,

какую услугу в этом отношении могут оказать французские деньги. Но многим неизвестно, что для тех же целей можно употреблять и русские деньги.

Для русских мер нужно пользоваться медными монетами. Достоинство их находится в очень простом отношении к нашей весовой единице, а именно: на пуд* идет 50 рублей медной монеты современного образца. Отсюда уже легко вывести, что на фунт идет медной монеты на 125 копеек. При этом безразлично, возьмете ли вы 25 пятаков, 125 отдельных копеек или составите какие-либо иные комбинации из монет 5-ти, 3-х, 2-х и 1-копеечного достоинства, так как вес медных монет пропорционален их достоинству. Один лот** довольно близко отвечает весу 4 копеек.

Для мер французских (граммов), которые часто указываются в научных сочинениях, физик-любитель может пользоваться нашей серебряной монетой, зная, что

серебряный рубль весит ровно..... 20 граммов

« полтинник « « 10 «

« четвертак « « 5 «

Что же касается мелкой серебряной разменной монеты (20, 15, 10 и 5 коп.), то вес её не пропорционален достоинству, так как она чеканится из сплава более низкой пробы, чем полноценная. Не мешает запомнить, на всякий случай, что серебряный пятак весит 0,9 грамма, т. е. немногим меньше грамма.

Этих данных достаточно, чтобы с удовлетворительной точностью производить взвешивания в русских и французских мерах. Нужно только избегать пользоваться слишком по-тертой монетой.

* Пуд — устаревшая единица измерения массы русской системы мер. 1 пуд = 40 фунтам = 1 280 лотам = 3 840 золотникам = 368 640 долям. Также 10 пудов = 1 берковску (берковцу), более ранней единице массы на Руси. С 1899 года, в соответствии с «Положением о мерах и весах 1899 года», 1 пуд = 16,380496 кг. — Прим. изд.

** Лот — старорусская дometрическая единица измерения массы, равная $\frac{1}{32}$ фунта, или трем золотникам, или 12,797251 191 395 300 граммам. В частности, лот широко применялся при определении почтового сбора в зависимости от веса корреспонденции. — Прим. изд.

Вечное движение

Один средневековый ученый предлагал устроить колесо, которое само вретелось бы, без всякой посторонней силы, и при том вечно.

На рис. 20 изображен его самодвижущийся механизм. К краям зубчатого колеса прикреплены откидные палочки с грузами на концах. При всяком положении этого колеса грузы на правой его стороне будут откинуты дальше от центра, нежели на левой; эта половина, следовательно, будет перевешивать и увлекать колесо во вращательное движение.

Казалось бы, такое колесо должно вращаться вечно, — по крайней мере, до тех пор, пока не перетрется его ось. А между тем, если вы мастерите этот двигатель, то убедитесь, что он и не думает двигаться.

В чем же дело?

Очень просто: грузы на левой стороне, действительно, дальше от центра — но это преимущество уничтожается тем, что самое число их зато гораздо меньше. Взгляните

на рисунок: налево всего два шарика, а направо чуть не целых пять... Оттого-то наш двигатель и не трогается с места.

Уже более полувека, как доказано, что невозможно построить механизм, который вечно двигался бы сам собой. Поэтому не стоит и ломать голову над такой безнадежной задачей. Все равно ни до чего не додуматься. А в прежнее время, особенно в средние века, люди немало таки потратили времени и труда на изобретение «вечного движения» — *perpetuum mobile* поплатыни. Это казалось им еще более заманчивым, чем искусство делать золото из дешевых металлов.

У Пушкина в «Сценах из рыцарских времен» выведен такой мечтатель в лице Бертольда:

«— Что такое *perpetuum mobile*? — спрашивает Мартын.

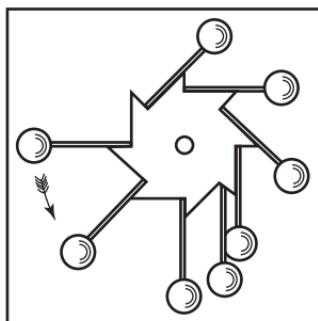


Рис. 20.
Будет ли это колесо вретелось
само собой?

— Рерпетиум mobile — отвечает ему Бертолльд, — есть вечное движение. Если найду вечное движение, то я невижу границ творчеству человеческому... Видишь ли, добрый мой Мартын, делать золото — задача заманчивая, открытие, может быть, любопытное и выгодное, но найти рерпетиум mobile... О!..»

Выдумали целые сотни и тысячи «вечных двигателей» — но все они не двигались долее четверти часа. В каждом случае, как и в нашем примере, изобретатель упускал из виду какое-нибудь обстоятельство, которое и разрушало все его планы.

«Чудо — и не чудо»

Чертеж, который изображен на восьмой странице нашей книги, взят из сочинения Стевина, ученого XVII века. Этот бельгийский математик сделал много важных открытий, которыми мы теперь постоянно пользуемся; так, он изобрел десятичные дроби, ввел в алгебру употребление показателей, открыл гидростатический закон, впоследствии вновь открытый Паскалем. Между прочим, Стевин открыл также закон равновесия сил на наклонной плоскости — и, с помощью прилагаемого чертежа (см. рис. 21), доказал этот закон чрезвычайно остроумным способом.

Здесь перед нами действительно как бы чудо. Через две сходящиеся под углом наклонные плоскости перекинута замкнутая цепь, которая, конечно, находится в равновесии — ибо нет причины ей приходить в движение. Но та часть этой цепи,

которая полукругом свисает вниз, уравновешивается сама собой. Значит, обе остающиеся части цепи — те, что лежат на плоскостях, — должны уравновешивать одна другую. Получается как бы парадокс: два звена цепи уравновешивают четыре.

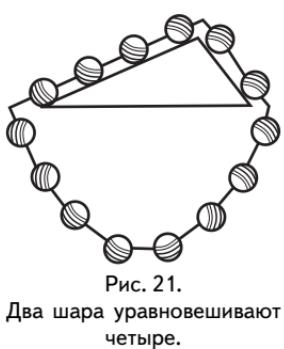


Рис. 21.

Два шара уравновешивают четыре.

Но Стевин из этого «чуда» вывел важный закон механики. Он рассуждал так. Обе цепи — и длинная и ко-

роткая — весят различно: одна цепь тяжелее другой во столько же раз, во сколько раз длинная плоскость длиннее короткой. Отсюда прямо вытекает, что два тела, связанные шнуром, уравновешивают друг друга на наклонных плоскостях, если веса их пропорциональны длинам этих плоскостей. В том случае, когда короткая плоскость отвесна, вы получаете известный закон механики: чтобы удержать тело на наклонной плоскости, надо действовать в направлении этой плоскости силою, которая во столько раз меньше веса тела, во сколько раз длина плоскости больше ее высоты.



ГЛАВА III

Вращательное движение

Трудная задача

Обыкновенная бутылка с плоским дном затыкается на глухо пробкой с пропущенной через нее вязальной спицей, на которую надет небольшой пробковый кружок (см. рис. 22, на правой стороне). Спица не должна доходить вплотную до дна, а отстоять от него приблизительно на вершок. Пробку, насаженную на спицу, лучше всего взять от горчичной банки; отверстие в пробковом кружке должно быть достаточно велико, чтобы он свободно мог скользить по спице. В бутылку до половины наливают воды, так что кружок будет лежать на её поверхности.

Теперь предлагается задача: не раскupоривая бутылки, снять кружок со спицы.

Дело оказывается мудреным, сколько ни наклонять, ни переворачивать бутылки, пробковый кружок не сойдет с проволоки, так как не опустится при этом ниже конца спицы.

Дав непосвященному достаточно помучиться и повозиться над разрешением головоломной задачи, вы, наконец, открываете ларчик очень просто. Быстро вращая бутылку вокруг вертикальной оси, вы образуете внутри неё маленький водоворот; поверхность воды приобретает форму воронки, края которой высоко поднимаются вверх, а нижняя часть опускается, освобождая конец спицы. При этом пробка сама скользит со спицы и всплывает вверх — что и требовалось доказать.

Здесь нас выручила так называемая «центробежная сила»: она стремится удалить вращающиеся частицы от оси вращения. В механике доказывается, что под влиянием этой силы жидкость в вращающемся сосуде должна принять на своей поверхности форму конуса с закругленной вершиной (параболоида).

Ту же задачу можно и перевернуть, задавая ее в таком виде: кружок, свободно плавающий в бутылке на поверхности воды, одеть на спицу. Последний опыт требует гораздо большей сноровки и удается лишь после долгих упражнений.

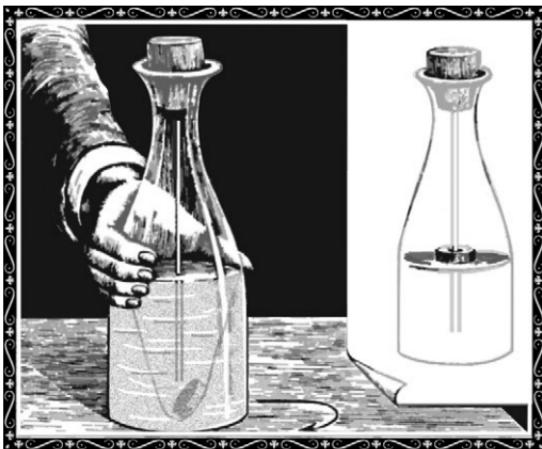


Рис. 22.
Как снять кружок со спицы, не раскупоривая бутылки?

Как отличить вареное яйцо от сырого?

Перед вами яйцо. Извольте, не разбивая скорлупы, определить, сварено ли оно или сырое? Самая опытная и сведущая хозяйка не разрешит такой задачи, если яйцо не «болтается». Но знание законов механики поможет вам с честью выйти из затруднительного положения.

Дело в том, что вареное (вкрутую) и сырое яйца различным образом вращаются. На этом и основан простой способ отличать сырое яйцо от вареного (см. рис. 23). Испытуемое яйцо кладут на стол или на плоскую тарелку и двумя пальцами сообщают ему вращательное движение. Сваренное (особенно крутое) яйцо вращается при этом заметно быстрее и дольше сырого. Последнее настолько упрямо, что его нелегко даже и заставить вращаться; между тем, крутосваренное яйцо сразу

приходит во вращательное движение и вертится так быстро, что очертания его сливаются для глаз в одно сплошное тело —

белый сплющен-
ный шар. Яйца,
сваренные всмятку
или «в мешочек»,
занимают в этом
отношении среднее
место — вертятся
быстрее сырого, но
медленнее крутого.
При некотором на-
выке можно даже
научиться разли-
чать по этому при-
знаку не только
сырое яйцо от варе-

ного, но и крутое от сваренного всмятку или в «мешочек».

Причина всех этих явлений кроется в том, что круто сваренное яйцо вращается, как одно сплошное тело; в сыром же яйце внутренняя жидкость, не успев сразу получить вращательного движения, задерживает вследствие своей инерции движение твердой оболочки; она играет как бы роль тормоза.

К остановке дви-
жения вареные и сырые яйца также относятся различно. Если врачающееся вареное яйцо остановить прикосновением пальца, то оно останавливается сразу. Сырое же яйцо, оста-

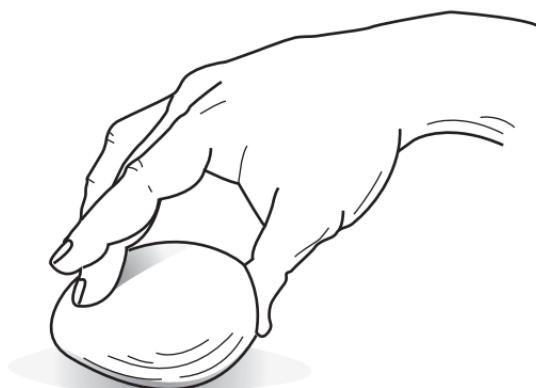


Рис. 23.

Яйцо заставляют вретаться.

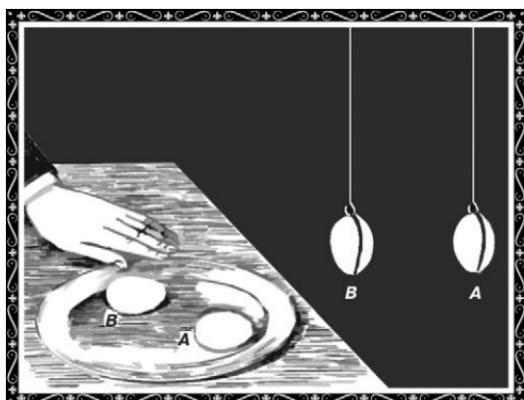


Рис. 24.
Опыты с вареными и сырыми яйцами.

новившись на мгновение, будет еще немного вращаться после отнятия руки. Это происходит оттого, что внутренняя жидкая масса еще продолжает по инерции двигаться после того, как твердая оболочка пришла в покой.

Те же испытания можно производить и при иных условиях. Возьмите сырое и сваренное яйцо, обтяните их резиновым колечком «по меридиану» и подвесьте их рядом на двух бечевках (см. рис. 24). Теперь закрутите обе бечевки одинаковое число раз и отпустите. Тогда сразу сделается заметным различие между вареным и сырым яйцами. Первое, прия в нормальное положение, начнет закручиваться в обратную сторону, затем снова раскрутится, — и так несколько раз, постепенно уменьшая число оборотов. Сырое же яйцо ведет себя иначе: оно повернется раз, другой — и остановится, задолго до того, как придет в покой крутое яйцо.

Мы описываем этот прием лишь ради полноты; он гораздо хлопотливее предыдущего, который, при всей своей простоте, всегда дает несомненный результат даже в руках неопытного экспериментатора.

Центробежная карусель

Раскройте зонтик, уприте его концом в пол и вращайте за ручку; вам нетрудно будет придать ему довольно быстрое движение. Теперь бросьте внутрь зонтика мяч, скомканную бумагу или какой-нибудь другой легкий и неломкий предмет: мяч не останется в зонтике, а скоро будет выброшен из него центробежной силой.

На этом принципе основано устройство своеобразного развлечения — центробежной карусели, которая была сооружена на последней всемирной выставке в Брюсселе*.

* Всемирная выставка, также известная как фр. *Exposition Universelle Internationale*, фр. *Exposition Mondiale (Expo)* или англ. *World's Fair*, — интернациональная выставка, которая является символом индустриализации и открытой площадкой для демонстрации технических и технологических достижений. Автор упоминает выставку, проходившую в Брюсселе (Бельгия) в 1910 году. — Прим. изд.

Посетители выставки имели случай испытать на себе неотразимое действие центробежной силы. Публика размещалась на круглой площадке — стоя, сидя или лежа, кто как желал (см. рис. 25). Невидимый механизм плавно вращал площадку около её центра, сначала медленно, потом все быстрее и быстрее, увеличивая скорость незаметно для публики. И вот, под действием центробежной силы, все, находившиеся на платформе, начинали сползать к её краю. Сначала это движение едва заметно, но, по мере того, как спортсмены удалялись от центра и попадали в зоны все большего и большего радиуса, центробежная сила сказывалась все заметнее. Все усилия удержаться на месте не приводили ни к чему, и группы одна за другой скатывались с «центробежной карусели».

Наш земной шар есть, в сущности, такая же «центробежная карусель», только гигантских размеров. Сами мы слишком малы, чтобы центробежная сила могла проявляться на нашем теле ощутительным образом. Но на многих явлениях приро-



Рис. 25.

Центробежная карусель на Брюссельской всемирной выставке.

ды мы это наблюдаем очень часто. У всех рек, текущих вдоль меридианов, один берег нагорный, другой — низкий: вода, от-

ступая вбок под действием центробежной силы, создает это различие. Тем же объясняется уклонение пассатных ветров, закручивание циклонов и даже то странное обстоятельство, что рельсы железных дорог, направленных с севера на юг, изнашиваются неодинаково: под действием центробежной силы вагоны напирают на западный рельс сильнее, чем на восточный, вследствие чего первый больше стирается.

Сжатие земного шара

Вращением Земли объясняется и то, что она, строго говоря, не представляет собой шара, а сплющена по направлению с севера на юг. Простой опыт прояснит нам, в чем тут дело.

Вырежьте кружок из плотного и прочного картона — вершков 5—6 в диаметре — и просверлите по обе стороны его центра по дырочке (см. рис. 26). Сквозь эти дырочки протяните бечевки. Такой кружок легко привести в быстрое вращательное движение. Для этого нужно, слегка натянув бечевки, обернуть кружок несколько раз, — и затем, когда бечевки закрутятся, отпустить его, сильно натянув бечевки: кружок завернется довольно быстро.

Теперь мы можем устроить модель земного шара. Проведите на вашем кружке два диаметра под прямым углом. По концам этих диаметров воткните в кромку картона по игле. Из плотной бу-



Рис. 26.
Модель земного шара.

маги приготовьте два кольца, шириной в палец и диаметром чуть побольше вашего кружка. Вставьте кольца одно в другое перпендикулярно и склейте места их соприкосновения. Это — «меридианы» вашей модели. Через отверстия в «полюсах» (местах соприкосновения) пропустите бечевки от кружка; самый же кружок поместите на месте «экватора», проткнув ленты остриями иголок.

Если вы теперь приведете кружок в быстрое вращение, как было описано выше, — то увидите, что ваш «земной шар» заметно сожмется у «полюсов» и раздуется у «экватора».

Можем ли мы переместить полюсы Земли?

Члены американского «Пушечного клуба», как известно, не ограничились полетом в ядре вокруг Луны. Фантазия Жюля Верна заставила их проделать еще один астрономический опыт — «выпрямление» земной оси или, точнее говоря, изменение угла её наклона к плоскости земной орбиты. Источником силы при этом должна была служить «отдача» колossalного орудия: этот толчок и должен был изменить положение земной оси. Опыт оказался на сей раз неудачным: несчастная случайность сделала то, что была отлита пушка размером в триллион раз меньше надлежащего...

Читателям, вероятно, небезынтересно было бы узнать, возможно ли в самом деле такое предприятие. Этот вопрос был лет 15 тому назад* предметом обсуждения Парижской академии наук. Результаты обсуждения очень любопытны, и мы постараемся познакомить с ними читателей в самых общих чертах, без математических выкладок.

Задача, которую обсуждали французские академики, была несколько скромнее той, которую ставили себе американские артиллеристы. Речь шла не о том, чтобы «выпрямить земную ось», т. е. сделать ее перпендикулярно к плоскости эклиптики и вместе с тем отменить времена года. Академики рассуждали лишь о перемещении полюсов, наклон же земной оси они оставляли неприкословенным; при этом Полярная звезда по-прежнему оста-

* Книга была издана в 1913 году. — Прим. изд.

нется полярной, времена года останутся те же, — но положение полюсов изменится: вместо того, чтобы находиться в нынешних арктической и антарктической областях, они смеются в другие области — например, в Канаду и Австралию.

Возможно ли такое смещение полюсов? Мыслимо ли для человека добиться этого механическими силами?

Да, возможно. Чтобы сделать понятной эту возможность, приведем ряд примеров из обыденной жизни.

Заметили ли вы, что делается с небольшой легкой лодкой, когда вы переходите по ней от кормы к носу? Если лодка не привязана, то она заметно перемещается при этом в обратную сторону. Здесь проявляется механический закон равенства действия и противодействия: идя, вы отталкиваете свое тело от опоры, но вместе с тем отталкиваете назад и самоё опору. При ходьбе по неподвижному полу этого не замечается, потому что отталкивающее усилие уничтожается сопротивлением неподвижно закрепленной опоры. Не заметите вы обратного перемещения лодки и тогда, когда лодка очень велика или тяжело нагружена. Это потому, что одна и та же сила дает различным телам различное перемещение, в зависимости от массы (веса): тяжелое тело она перемещает на меньшее расстояние, нежели легкое. Когда вы переходите по палубе парохода от кормы к носу, то отталкиваете его ногами назад; но величина этого перемещения ничтожна: она во столько раз меньше вашего перемещения, во сколько раз пароход тяжелее вашего тела; оттого-то оно и не заметно.

Теперь вернемся к нашей лодке. Представьте себе, что она имеет не обычную удлиненную форму, а форму большой плавающей тарелки. Вообразите, что ходите кругом близ борта такой круглой лодки. Что при этом произойдет с ней? Нетрудно догадаться: она придет во вращательное движение в обратном направлении. Отталкиваясь ногами, вы приводите ее во вращение, на манер того, как действует лошадь на топчаке*.

* Топчак — насаженный на вертикальную ось плоский круг с расположенными по окружности его деревянными брусками, по которым человек или лошадь взбирается безостановочно, сам же остается на месте, причем топчак играет роль двигателя. — Прим. изд.

Проделав тот же маневр на палубе большого парохода, вы, конечно, не приведете его во вращение: его масса слишком велика по сравнению с массой вашего тела; кроме того, усилие ваших ног должно преодолеть при этом не только инерцию тяжелого парохода, но и сопротивление окружающего его воздуха. Но все же, теоретически рассуждая, перемещение будет, и чем дольше вы будете кружиться по палубе (или даже в своей каюте), тем на больший угол повернется пароход. Возможно, что сделав миллион кругов, вы повернете пароход на некоторую долю градуса...

Теория, как видите, обещает вам награду за терпение и усердный труд.

Чем значительнее груз, перемещаемый по палубе, тем сильнее его отталкивающее действие. Запрягши слонов в пушки и заставив их в течение многих суток кружиться гуськом по палубе, вы добились бы, конечно, более заметных результатов.

Мы почти прямо подошли теперь к интересующему нас вопросу: можно ли повернуть земной шар? Вообразите себе, что по экватору или по параллельным кругам Земли с запада на восток происходит непрерывное перемещение грузов: идут поезда, плывут пароходы, течет вода в каналах, и т. п. — все в одном и том же восточном направлении. Как отразится это на вращении Земли? После всего сказанного ответ ясен: Земля сама вращается с запада на восток; непрерывное же перемещение грузов по её поверхности должно сообщить ей вращение в обратную сторону; следовательно, Земля будет вращаться медленнее. Другими словами, мы можем увеличить продолжительность суток, — как можем и уменьшить ее, направив все грузы в обратном направлении. Теоретически это, как видите, вполне в нашей власти; практически же осуществить этот опыт затруднительно, главным образом за недостатком... времени. Масса тех паровозов, пароходов и воды, которые будут перемещаться по земной поверхности, так мала по сравнению с массой земного шара, что пройдут тысячелетия, прежде чем длина суток изменится хотя бы на одну секунду.

Таким же способом могли бы мы, запасшись терпением, переместить и полюсы. Для этого нужно было бы передвигать грузы не по параллелям земного шара, а по какому-нибудь кругу, пересекающему параллели. Вообразите себе, например, круг, описанный в пределах Африки около какой-нибудь центральной точки, лежащей, скажем, в Сахаре. Вдоль окружности можно выкопать канал, наполнить его водой, сделать в одном месте плотину и насосами перекачивать воду с одной ее стороны по другую. Вода будет непрерывно течь по круговому каналу все в одном и том же направлении, — а земной шар при этом будет стремиться вращаться в обратном направлении, вокруг оси, проходящей через центр кругового канала. Но вокруг двух осей сразу — старой и новой — Земля вращаться не может: она будет вращаться вокруг некоторой третьей оси, занимающей среднее положение. Другими словами, произойдет как бы перемещение оси земного шара. Это перемещение будет ничтожно, но чем дольше «прорабатает» наш канал, тем оно будет больше. Если бы древние египтяне тысячи лет тому назад устроили подобное водяное сооружение и если бы оно непрерывно действовало до нашего времени — то, быть может, человечеству удалось бы уже переместить полюсы на небольшую долю градуса...

Задача о падающей кошке

Все знают, что кошка всегда ухитряется упасть на ноги, — но мало кому известно, что эта способность кошки в течение долгого времени интриговала ученых-математиков. Дело в том, что способность кошек падать на ноги противоречит законам механики, — по крайней мере, так думали до последнего времени, когда удалось, наконец, благополучно разрешить «задачу о падающей кошке».

Эта знаменитая задача находится в прямой связи с только что рассмотренным нами вопросом о перемещении полюсов. Связь как будто немного неожиданная, но, в сущности, и там и тут речь идет об одном и том же вопросе: может ли сво-

бодное, без всякой опоры, тело повернуться действием одних лишь внутренних сил?

Долгое время думали, согласно законам механики, что это невозможно, — как невозможно для свободно движущегося тела изменить внутренними силами скорость и направление движения его центра тяжести. Для поступательного движения это доказано неоспоримо: какие бы процессы ни происходили внутри летящего ядра, центр тяжести его продолжает двигаться вперед с той же скоростью и в том же направлении, как если бы внутри ядра ничего не происходило. Даже взрыв ядра не изменяет пути и скорости центра тяжести: ядро разрывается на тысячу осколков — но общий центр тяжести всех этих кусочков продолжает следовать по прежнему пути, пока ни один осколок не упал на землю.

До последнего времени полагали, что то же самое справедливо и по отношению к вращению тела вокруг оси, и что одними внутренними усилиями свободное (ни на что не опирающееся) тело не может повернуться в пространстве. Между тем, кошка, несомненно, успевает во время падения повернуться так, чтобы упасть на лапки. Как же она достигает этого? Вот вопрос, над которым ломал себе голову не один учёный.

Предлагали такое решение «кошачьей задачи»: кошка будто бы еще до начала прыжка успевает оттолкнуться от опоры, как это делает цирковой гимнаст, переворачивающийся в воздухе. Гимнаст, спрыгивая с трапеции, отталкивается от неё так, чтобы тело его получило вращательное движение; затем, уже в воздухе, он ускоряет это вращательное движение тем, что свертывается в комочек, прижимая руки и ноги к телу: это и дает ему возможность перевернуться в воздухе.

Точно так же, думали, поступает и кошка.

Однако простой опыт показал, что кошка так не поступает: привязывали кошку четырьмя шнурками за лапы к потолку, на некотором расстоянии от пола, и затем разом разрезали шнурки. Кошка летела на пол и, хотя ей, очевидно, не от чего было оттолкнуться, успевала все же упасть на ноги.

Итак, загадка «кошачьего падения» долго оставалась неразгаданной. Она была окончательно разрешена лишь лет 15 тому назад в связи с вопросом об искусственном перемещении полюсов, когда была выяснена ошибочность убеждения, будто тело не может изменить положения оси вращения без участия внешней силы.

Механизм поворота кошки теперь понятен. У кошки есть два средства повернуть свое тело при падении. Первое средство, это — перемещение хвоста: когда кошка, держа хвост под углом к своему телу, производит им вращательное движение, то все тело немного поворачивается в обратном направлении. Почему? Потому что мускулы, врачающие хвост в одну сторону, в то же время отталкиваются от тела и тем заставляют его поворачиваться в обратном направлении. Рядом последовательных оборотов хвоста кошка может повернуть свое тело на желаемый угол; в этом нет никакого нарушения законов механики.

Опыты с механическою моделью кошки вполне подтвердили это предположение. Немецкий физик Гартман изготовил «искусственную кошку» из картонного цилиндра и приложенного к нему картонного же хвоста. Роль мускулов, поворачивающих хвост, играла заводная пружина. При падении этой картонной кошки пружина пускалась в ход, хвост вращался, — и цилиндр (т. е. тело кошки) сам собой поворачивался на более или менее заметный угол.

Но вращение хвоста — не единственное средство, которым кошка может повернуть свое тело при падении. Когда падающая кошка поворачивает переднюю половину своего тела, то задняя половина на тот же угол поворачивается в обратную сторону; если затем кошка повернет в том же направлении заднюю половину, то передняя вернется назад — и тело кошки опять займет прежнее положение. Никакой поворот при таких условиях не возможен. Но дело будет обстоять иначе, если кошка при повороте будет соответствующим образом вытягивать и укорачивать передние и задние лапы: согласно так называемому закону площадей, часть тела с вытянутыми

лапами должна, при равных прочих условиях, повернуться на меньший угол, нежели часть тела с прижатыми лапами. Чередуя надлежащим образом вытягивание и прижатие лап, кошка может рядом телодвижений достичь нужного поворота в желаемом направлении.

Поясним это упрощенным примером, расчленив каждый поворот на два отдельных приема (см. рис. 27).

1-й прием: кошка, прижав задние лапки и вытянув передние, поворачивает заднюю половину на 35° в желательном направлении;

при этом передняя половина сама собой повернется в обратном направлении на меньший угол, — скажем, на 25° .

2-й прием: кошка, вытянув задние лапки и прижав передние, поворачивает переднюю половину в желательном направлении на 35° ; тогда задняя половина сама повернется обратно на 25° .

В результате обе половины оказываются повернутыми в желательном направлении на 10° ;

все тело животного снова приведено в прежнее состояние, но повернуто в пространстве на 10° . Теперь кошка, повторяя оба приема, может снова повернуться еще на 10° , и т. д.

Мы видим теперь, что «задача о падающей кошке» разрешается без всякого нарушения законов механики. Грациозный зверек заставил ученых глубже рассмотреть основы их науки и разрушил одно научное предубеждение, разделявшееся в течение целого столетия.

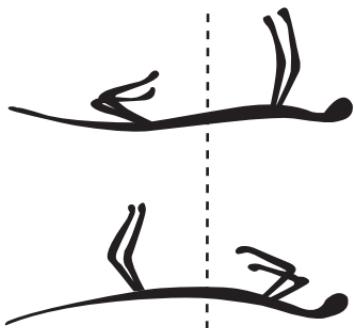


Рис. 27.

Как кошка поворачивается при падении.



ГЛАВА IV

Борьба с пространством

Как мы ходим?*

По законам механики, тело остается в равновесии, т. е. не-подвижно, только тогда, когда перпендикуляр, проходящий че-рез его центр тяжести, падает внутри плоскости, образуемой точками опоры, т. е. теми точками, на которых тело поконится на земле: плоскость эту называют основанием опоры.

Предположим, что человек стоит на одной ноге, например на правой. Вообразим себе, что он приподнимает пятку, наклоняя в то же время туловище вперед. При таком положении перпендикуляр центра тяжести, понятно, выйдет из плоскости основания опоры, и человек должен упасть вперед. Но едва начинается это падение, как левая нога его, остававшаяся в воздухе, мы видим, быстро подвигается вперед и становится на землю переди перпендикуляра центра тяжести, так что последний, т. е. перпендикуляр, попадает в плоскость, обра-зующую линиями, которыми соединяются точки опоры обеих ног. Равновесие, таким образом, восстанавливается; человек ступил, сделал шаг.

Он может и остановиться в этом довольно утомительном положении. Но если хочет идти далее, то наклоняет свое тело еще более вперед, снова переносит перпендикуляр центра

* Этот отрывок заимствован из «Лекций зоологии» профессора Поля Бера; в нем отчетливо и с достаточной полнотой рассматривается ходьба и бег человека.

тяжести за пределы плоскости основания опоры и, в момент угрожающего падения, снова выдвигает вперед ногу, но уже не левую, а правую, — новый шаг, и т. д. Ходьба поэтому есть не что иное, как ряд падений вперед, предупреждаемых вовремя подставленою опорою ноги, остававшейся до того позади.

Но рассмотрим дело несколько ближе. Предположим, что первый шаг сделан. В этот момент правая нога еще касается земли, а левая уже ступает на землю. Но если только шаг не очень короток, правая пятка должна была приподняться, так как именно это-то приподнятие пятки и позволяет телу наклониться вперед и нарушить равновесие. Левая нога ступает на землю прежде всего пяткою. Когда, вслед затем, вся подошва её становится на землю, правая нога поднимается совершенно на воздух. В то же самое время левая нога, несколько согнутая в колене, выпрямляется сокращением трехглавой бедренной мышцы и становится на мгновение вертикальной. Это позволяет полусогнутой правой ноге продвинуться вперед, не касаясь земли, и, следуя за движением тела, поставить на землю свою пятку как раз вовремя для следующего шага.

Подобный же ряд движений начинается затем для левой ноги, которая в это время опирается на землю только пальцами и вскоре должна подняться на воздух.

Беганье отличается от ходьбы тем, что нога, стоящая на земле, внезапным сокращением её мышц энергично вытягивается и отбрасывает тело вперед, так что последнее на одно мгновение совсем отделяется от земли. Затем оно снова падает на землю на другую ногу, которая, пока тело было на воздухе, быстро передвинулась вперед. Таким образом, беганье состоит из ряда скачков с одной ноги на другую.

Надо ли с конки* прыгать вперед?

Попробуйте кому-нибудь задать вопрос: «почему с конки надо прыгать вперед?» Он без запинки ответит вам: «Вполне

* Конка — городская железная дорога с конной тягой, бывшая в употреблении в Европе.

понятно: по закону инерции!» Однако вы не удовлетворяйтесь этим и попросите подробнее объяснить, причем тут закон инерции. Произойдет довольно любопытная и неожиданная вещь: ваш собеседник начнет бойко и уверенно доказывать свою мысль, — но если вы не будете его перебивать, он очень скоро сам остановится в недоумении: выйдет, что именно вследствие инерции-то и надо прыгать... н а з а д!

На самом деле закон инерции играет здесь лишь второстепенную роль, главная же причина совсем другая. И если про эту главную причину забыть, то, действительно, как мы сейчас увидим, выйдет, что надо прыгать назад, а не вперед.

Когда мы прыгаем с конки, то по инерции тело наше, отделившись от вагона, все еще обладает известной скоростью; оно стремится двигаться вперед. Делая прыжок вперед, мы, конечно, не только не уничтожаем этой скорости, но, наоборот, еще увеличиваем ее. Отсюда следует, что надо прыгать... назад, а вовсе не вперед по направлению движения вагона. Ибо при прыжке назад скорость, сообщаемая прыжком, отнимается от скорости, присущей нашему телу по инерции: вследствие этого, коснувшись земли, тело наше, конечно, с меньшей силой будет стремиться упасть.

Мы видим, что теория здесь резко расходится с практикою; получается явное противоречие, указывающее на то, что либо факт неверен, либо неверно его объяснение. Но факт верен, настолько верен, что мы настойчиво предостерегаем читателей от попыток практически испытывать неудобство прыжения назад с движущегося вагона...

Так в чем же дело?

В неверности объяснения, конечно, в его неполноте, недоговоренности. Будем ли прыгать вперед, будем ли прыгать назад — и в том и в другом случае нам грозит опасность упасть, так как верхняя часть туловища будет еще двигаться, когда ноги остановятся, коснувшись земли. Скорость этого движения при прыжании вперед даже больше, чем при прыжании

блении в крупных городах до введения электрического трамвая. А также вагон этой дороги. — *Прим. изд.*

назад. Но все дело в том, что падать вперед гораздо б е з о - п а с н е е, чем падать назад. В первом случае мы привычным, автоматическим движением выставляем ногу вперед (а при большой скорости вагона — пробегаем несколько шагов) и этим предупреждаем падение. Это движение привычно, так как мы его всю жизнь совершаем при ходьбе; ведь, с точки зрения механики, ходьба есть не что иное, как ряд падений нашего тела вперед, предупреждаемых выставлением ноги. При падении же назад нет этого спасительного движения ног — и оттого здесь опасность гораздо значительнее. Наконец, важно и то, что когда мы даже и в самом деле упадем вперед, то, выставляя руки, не так расшибемся, как при падении на спину.

Итак, причины того, что безопаснее прыгать с конки вперед, кроются не столько в законе инерции, сколько в устройстве нашего тела. Вот почему для предметов неодушевленных это правило неприменимо: бутылка, брошенная из вагона вперед, скорее может разбиться при падении, нежели та же бутылка, но брошенная в обратном направлении.

Поэтому, если у вас с собой много багажа, и вы желаете прыгать из вагона, выбросив предварительно багаж, — то вам следует кидать багаж назад, а самим прыгать вперед.

С какой быстротой мы движемся?

От природы человек одарен не слишком большой скоростью: средний пешеход проходит в секунду $\frac{3}{4}$ сажени*. Это немного быстрее, чем движется вода в большей части рек, но медленнее, чем самый умеренный ветер (1 сажень в секунду). По сравнению с движением улитки, перемещающейся всего на $1\frac{1}{2}$ миллиметра в секунду, человек является скороходом, —

* Сажень — старая русская мера длины, впервые упоминающаяся в русских источниках в начале XI века. В XI—XVII вв. встречалась сажень в 152 и в 176 см. Это была так называемая прямая сажень, определявшаяся размахом рук человека от конца пальцев руки до конца пальцев руки, вытянутой по диагонали. Указом 1835 г. размер сажени был определен в 7 английских футов, или 84 дюйма. Это соответствовало 3 аршинам, или 48 вершкам, что равнялось 213,36 см. С введением в 1918 г. в России метрической системы мер сажень перестала употребляться. — Прим. изд.

но если он вздумает состязаться с другими живыми существами, то потерпит полное фиаско. Даже муха при спокойном полете движется быстрее, чем пешеход (пролетает около сажени в секунду), а когда ее гонят, она может перегнать не только бегущего человека, но и лошадь, скачущую галопом.

Но уже такое сравнительно простое механическое приспособление, как коньки, дает человеку огромное преимущество над его соперниками из мира животных. Опытный конькобежец может пробежать от 5 до 6 саженей в секунду, — и тогда уже немногие из животных смогут его догнать. Велосипедист мчится еще скорее: он делает на гонках до 11 саженей в секунду, соперничая с быстротой лучшей скаковой лошади (7—9 саженей) и даже с быстротой ветра, потому что при довольно сильном ветре движение воздуха редко превышает скорость 8 саженей в секунду. Мы видим, следовательно, что выражение наших народных сказок и былин — конь быстрый, как буйный ветер — вовсе не является преувеличением. А хорошая охотничья гончая собака мчится даже гораздо быстрее ветра (12 саженей в секунду).

О скорости передвижения животных мы побеседует позднее, теперь же перейдем к скоростям наших автомобилей, паровозов и пароходов.

Машины, обгоняющие Солнце

Когда в 1896 году, при автомобильных гонках между Парижем и Брестом, достигнута была скорость 20 верст в час, т. е. около 3 саженей в секунду, то это считалось для автомобиля величайшим триумфом. Но уже через год скорость автомобилей была удвоена, а в 1909 г., на гонках Париж — Мадрид, автомобили развивали скорость впятеро большую — 14 саженей в секунду, или 105 верст в час.

Чтобы яснее представить, как велика эта скорость — 14 саженей в секунду, — заметим, что камень, брошенный от руки изо всей силы, пролетает в первую секунду всего 8 саженей, т. е. почти вдвое меньше!



Электрический поезд —
23 сажени в секунду.



Автомобиль — 15 саженей в секунду
(наибольшая скорость — 30 саженей).



Мотоциклет — 12 саженей в секунду.



Велосипед — 11 саженей в секунду.



Скаковая лошадь — 8 саженей в секунду.



Пароход — 7 саженей в секунду.



Рысистая лошадь — 6 саженей в секунду.



Конькобежец — 5 саженей в секунду.



Искусный бегун — 3 сажени в секунду.



Лыжный ходок — $2\frac{1}{4}$ сажени в секунду.



Быстрый пешеход — $1\frac{1}{4}$ сажени в секунду.

Наглядное изображение сравнительных скоростей движения при различных условиях.

Рис. 28.

Что касается железнодорожных поездов, то, кажется, паровозы теперь близки уже к своей предельной скорости: больше 120 верст в час, или 17 саженей в секунду, едва ли удастся добиться. Впрочем, в Германии делались опыты, в которых достигалась умопомрачительная скорость — 200 верст в час, или 27 саженей в секунду! Ни одно живое существо во всем

мире не способно передвигаться с такой быстротой. Даже передача ощущений по нашим нервам (которая тоже требует известного времени) совершается вдвое медленнее, именно — со скоростью 14 саженей в секунду.

Между тем, это еще не предельная скорость, какой способны достичь наши машины, потому что на состязании атомобилей в Англии была недавно достигнута скорость 235 верст в час, или 30 саженей в секунду!

На таком автомобиле можно «перегнать Солнце» (вернее, Землю) — по крайней мере, в полярных широтах. На 82-й параллели этот автомобиль пробегает больше, чем за тот же промежуток времени успевает пробежать точка земной поверхности при её вращении вокруг оси. Для такого автомобилиста, как некогда для Иисуса Навина, Солнце будет оставаться неподвижным на небе...

Машины, движущиеся в воде, не развиваются таких скоростей, как наземные автомобили и электрические поезда. Знаменитые трансатлантические гиганты-пароходы «Лузитания» и «Мавритания» проходят в среднем 49 верст в час, т. е. 7 саженей в секунду. Средняя же скорость обыкновенная морского парохода 25—35 верст в час, т. е. 4—6 саженей в секунду. Рекорд быстроты в водной стихии побивает один истребитель миноносцев в английском флоте, проходящий 67 верст в час, т. е. 9 саженей в секунду.

Такой же скорости достигают и моторные лодки, а также так называемые «гидропланы».

Скорость дирижаблей и аэропланов

В воздушной стихии остается сделать еще многое в смысле достижения больших скоростей. Достаточно вспомнить, что скорость умеренного ветра — 2 сажени в секунду, и потому всякая летательная машина, не превышающая значительно этой скорости, не заслуживает названия «управляемой». Дирижабли Цеппелина развивают скорость до 8 саженей в секунду. Гораздо большей скорости достигают аэропланы; так, моноплан Блерио достигал скорости 15 саженей в секун-

ду (т. е. 110 верст в час). Однако и такая скорость далеко не всегда достаточна, потому что скорость ветра во время бури может достигать и более 15 саженей в секунду. Только аппарат, обладающий секундной скоростью в 20 и более саженей, может быть назван вполне управляемым, свободно летящим всегда и всюду, несмотря на самый сильный ветер.

Поучительный пример представляют в этом отношении птицы: быстрота их полета часто далеко превышает скорость сильнейшего ветра. Почтовый голубь пролетает 10—12 саженей в секунду, орел — 16 саженей, а обыкновенная ласточка — самое быстрое существо во всем мире — до 22 саженей в секунду!

Быстрота мысли

Для того, чтобы внешнее впечатление дошло по нервам до нашего мозга, воспринялось сознанием и вызвало с нашей стороны ответ — потребно известное время. Психологи давно уже измерили, сколько именно времени для этого нужно, — в простейших случаях, конечно. Вообразите такую обстановку опыта. Вы сидите в темной комнате и держите руку на кнопке электрического звонка; в тот момент, когда экспериментатор зажмет свет, вы должны нажать кнопку. Это так называемая «простая реакция» на зрительное впечатление. Измерено, что она требует около $\frac{1}{3}$ секунды: — столько времени протекает с момента появления светового сигнала до момента нажатия вами кнопки. Но возможен и более сложный случай: если появится красный сигнал, вы должны нажать кнопку под правой рукой, если зеленый — под левой. В этом случае, восприняв впечатление, вам еще нужно подумать, какой рукой отвечать. Время такой «сложной» реакции возрастает до $\frac{1}{2}$ секунды.

Отчего происходят автомобильные несчастья?

Теперь применим эти наши психологические познания к обстановке автомобильной езды. Быстрый автомобиль делает верст 60 в час, т. е. четыре сажени в полсекунды. Значит, если шофер увидит дерево на расстоянии, меньшем четырех

саженей, — он уже не успеет затормозить или повернуть руль автомобиля, так как ему нужно не меньше $\frac{1}{2}$ секунды на реакцию (здесь имеет место сложная, а не простая реакция, потому что шофер еще должен обдумать, как действовать — рулем ли, тормозом, или и тем и другим вместе). Он неминуемо наскочит на такое препятствие, как бы внимателен и проворен он ни был.

Это предельное расстояние — 4 сажени — надо, однако, еще увеличить, и вот почему.

Во-первых, — вследствие опять-таки большой быстроты автомобиля, — невозможно моментально ни остановить его, ни изменить направление движения. На это потребно время, не меньше секунды, — и роковое расстояние, следовательно, уже утраивается. Во-вторых, продолжительность реакции равна $\frac{1}{2}$ секунды только у нормального человека при нормальных условиях. Если же человек устал или выпил водки, — она удлиняется. Все это, вместе взятое, доводит роковое расстояние до довольно большой величины.

Предел этот поставлен, так сказать, самой природой человека — нашей нервной системой, которую мы изменить не в силах.

Нетрудно понять, почему вопрос об опасностях быстрого передвижения так обострился лишь в последнее время. Самые быстрые лошади мчат экипаж со скоростью 25—30 верст в час — т. е. значительно медленнее автомобилей. Паровозы не могли обострить этого вопроса, так как движутся по определенному пути, с которого заранее удалены все препятствия. На море — нет дорог, и места всем вдоволь. Автомобили (и мотоциклеты) были первыми экипажами, которые, двигаясь свободно по обычным дорогам, превзошли предел безопасной скорости (велосипеды немногим превосходят скорость лошади).

Как быстро движутся животные?

Наши обычные представления о скорости различных животных, особенно диких, живущих на свободе, очень сбивчи-

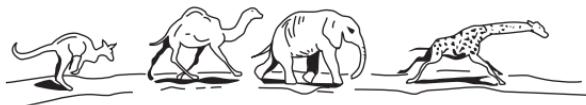
вы и смутны. Охотники и путешественники часто рассказывают на этот счет истории, которые нет возможности проверить. Только цифры способны внести ясность и определенность в этот туман. Но именно цифровых-то данных до сих пор было очень мало, и лишь недавно удалось собрать кое-какие из них.

Из наземных животных быстрее всех бегает страус — 16 саженей в секунду, или 120 верст в час. Никакая лошадь не в состоянии догнать страуса, и все рассказы охотников о таких своих подвигах — сущие небылицы. Зебра пробегает 13 саженей в секунду. Гончая собака пробегает в секунду 12 саженей.

Заяц, которого преследуют, пробегает до 9 саженей в секунду. Косуля и лев бегут со скоростью, средней между быстрой зебры и зайца. Жираф и тигр пробегают $7\frac{1}{2}$ саженей; за ними следуют слон, дромадер, кенгуру.

Из водных животных самые быстрые — акула и дельфин, проплывающие до 5 саженей в секунду.

Самое медленное из всех животных — улитка: она делает $1\frac{1}{2}$ миллиметра в секунду. При такой скорости, или, вернее, при такой медленности, улитке нужна целая неделя, чтобы проползти одну версту. Недаром же говорят: улита едет — когда-то будет!



ГЛАВА V

Сопротивление среды

Почему взлетает бумажный змей?

Задавали ли вы себе когда-нибудь вопрос, почему бумажный змей взлетает вверх, когда его тянут за бечевку? Вопрос не так уж прост. Если вы сможете ответить на него, вы поймете также, почему взлетает аэроплан, почему носятся по воздуху семена клена, и даже до известной степени уясните себе причину странных движений бumerанга. Это — явления одного порядка.

Чтобы объяснить все это, нам придется прибегнуть к упрощенному чертежу. Линия MN пусть изображает у нас разрез бумажного змея. Когда, запуская змей, мы тянем его за веревочку, он движется в наклонном положении. Пусть это движение совершается в направлении справа налево. Угол наклона плоскости змея к горизонту обозначим через α . Рассмотрим, какие силы будут действовать на змей при этом движении. Воздух, естественно, будет мешать его движению, оказывать на него некоторое давление. Это давление изображено на рис. 29 в виде прямой C ; так как воздух давит перпендикулярно к плоскости MN , то линия C начерчена под прямым углом к ней. Силу C можно разложить

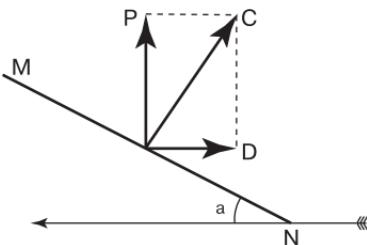


Рис. 29
Силы, действующие на бумажного змея.

на две другие, построив так называемый «параллелограмм сил»: получим, вместо C , силы D и P . Из них сила D толкает нашего змея назад и, следовательно, уменьшает первоначальную его скорость. Другая же сила, P , тянет весь снаряд вверх; она, следовательно, уменьшает его вес; если она достаточно велика, то может преодолеть вес снаряда и поднять его. Вот почему змей поднимается вверх, когда мы тянем его за веревочку.

Аэроплан, в сущности, — тот же змей, только движущая сила нашей руки заменена в нем мотором; мотор приводит в действие винт (пропеллер), который, отталкивая снаряд, сообщает ему поступательное движение.

Животные-аэропланы

Мы видели, что аэропланы устроены вовсе не по типу птицы, как обыкновенно думают, — а скорее по типу белоклетяг, шерстокрылов и летающих лягушек. Все эти животные пользуются своими летательными перепонками не для того чтобы подниматься вверх, а лишь для того, чтобы совершать



Рис. 30.
Белки — летяги.

большие прыжки — «планирующие спуски», как выражаются авиаторы. Сила P у них недостаточна для того, чтобы уравновесить груз их тела, она лишь более или менее облегчает их вес и тем помогает животным совершать огромные прыжки с высоких предметов. Белки-летяги перепрыгивают расстояния в 10—15 саженей, с верхушки одного дерева к нижним ветвям другого. В Ост-Индии и на Цейлоне водится гораздо более крупный вид летучей белки — тагуан — величиной примерно с нашу кошку, т. е. вершков 12-ти длиной, с таким же хвостом. Когда он развертывает свой «планер», то ширина его около $\frac{3}{4}$ аршина. Такие размеры летательной перепонки позволяют животному совершать, несмотря на большой вес, прыжки в 25 саженей.



Рис. 32.
Летающая лягушка.

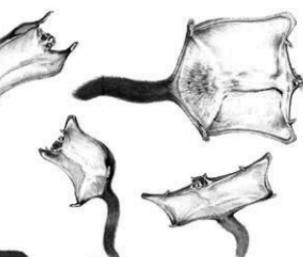


Рис. 31.
Шерстокрыл.

А шерстокрыл, который водится на Зондских и Филиппинских островах, делает прыжки в 35 саженей!

Аэроплан (планер) у растений

Растения также часто прибегают к услугам аэропланов (вернее, планеров) — для распространения плодов и семян. Природа заботливо снабжает многие плоды и семена либо пучками волосков (хохолки у одуванчика, ивы, кипрея, хлоп-

чатника), либо же поддерживающими плоскостями в форме крыловидных отростков, выступов и т. п. Такие «растительные планеры» можно наблюдать у хвойных, у кленов, ильмов*, берез, граба, липы, многих зонтичных и т. д.

О роли всех этих придатков для распространения растений ботаник Кернер-фон-Марилаун в своей «Жизни растений» пишет, между прочим, следующее:

«Как далеко разносятся ветром плоды и семена — зависит от совершенства летательных аппаратов, от влажности воздуха и от силы воздушных течений. При безветрии, в солнечные дни, множество плодов и семян поднимается вертикальным воздушным течением на значительную высоту, но после захода солнца они обыкновенно снова опускаются неподалеку. Такие полеты важны не столько для распространения растений вширь, сколько для поселения на карнизах и в трещинах крутых склонов и отвесных скал, куда семена не могли бы попасть иным путем. Горизонтально текущие воздушные массы способны переносить держащиеся в воздухе плоды и семена на весьма большие расстояния.

У некоторых растений крылья и парашюты остаются в соединении с семенами только на время перелета. Когда, например, крылатое семя сосны где-либо осядет, то пленчатое крыло отделяется, и семя более не уносится. Семянки татарника спокойно плывут по воздуху, но, как только встретят препятствие, семя отделяется от парашюта и падает на землю. Этим объясняется столь частое произрастание татарников вдоль стен и заборов. В других случаях семя остается все время соединенным с парашютом».

На рис. 33 изображены некоторые плоды и семена, снабженные парашютами и планерами. Растительные аэропланы во многих отношениях совершеннее наших. Они поднимают гораздо больший груз, — относительно, конечно. Вычислено, что если бы наши «фарманы»** были устроены так же

* Ильм — лесное дерево, род вяза, растущее в средней полосе России. — Прим. изд.

** Фарман — биплан системы французского летчика Фармана. — Прим. изд.

совершенно, как пленки летающих семян, например индийского жасмина, то они поднимали бы груз в 180 пудов! На самом же деле современные аэропланы поднимают всего 20 пудов — почти в десять раз меньше. Кроме того, этот рас-

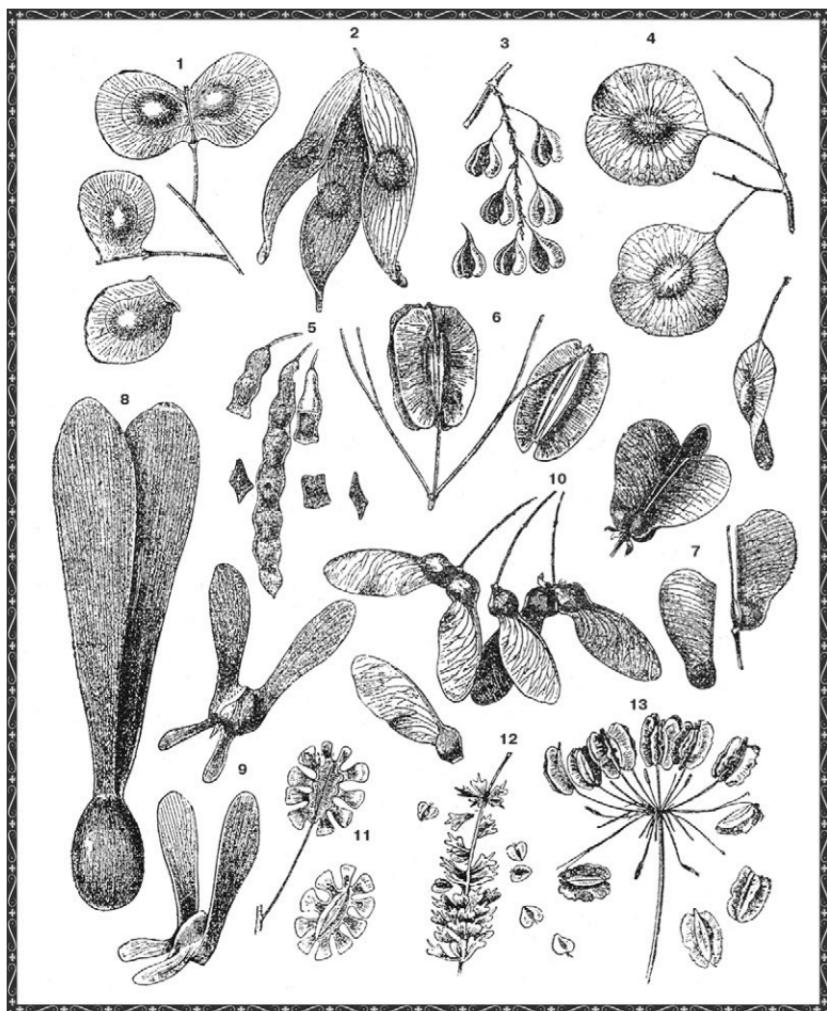


Рис. 33.

Планеры у семян растений.

1. — Чернолюдник.
2. — Китайский ясень.
3. — Зибольдова гречиха.
4. — Трехлистная попелея.
5. — Эшиомена.
6. — Критский ополовник.
7. — Бонистерия.
8. — Гирокарпус.
9. — Триоптерис.
10. — Французский клен.
11. — Артегия.
12. — Береза бородавчатая.
13. — Гладыш.

тительный аэроплан отличается еще одним драгоценным свойством, которого тщетно добиваются наши инженеры — автоматической устойчивостью: если семечко индийского жасмина перевернуть — оно опять развернется выпуклой стороной вниз; если при полете семечко встретит преграду — оно все же не теряет равновесия, не падает, а плавно спускается вниз. Сколько несчастий было бы избежнуто, если бы наши аэропланы обладали такой автоматической устойчивостью в воздухе!

Бумеранг

Это оригинальное орудие дикарей долгое время вызывало изумление ученых. Действительно, странные, запутанные фигуры, описываемые бumerангом в воздухе, способны озадачить всякого.

В настоящее время теория полета бумеранга уже разработана весьма подробно, и чудеса перестали быть чудесами. Вдаваться в эту интересную теорию мы здесь не станем; скажем лишь, что необычайная форма путей полета бумеранга объясняется взаимодействием трех сил: силы метания, силы вращения бумеранга и силы сопротивления воздуха, т. е. той самой силы, которая заставляет подниматься



Рис. 34.
Австралиец, метающий бумеранг.

сся воздушного змея и аэроплан. Дикарь инстинктивно и при том необыкновенно точно умеет сочетать эти три силы — и искусно изменяет угол наклона бумеранга, силу и направление толчка, чтобы получить желаемый эффект.

Напрактиковаться в этом искусстве может, конечно, и цивилизованный человек — при наличии терпения. Теперь бу-меранги продаются во всех больших магазинах игрушек и принадлежностей спорта. Но упражняться с таким бу-мерангом, пожалуй, не всегда удобно; это необходимо делать на открытом воздухе, приняв меры к тому, чтобы от австралийского орудия не пострадал какой-нибудь бледно-лицый.

Для упражнения в комнатах приходится ограничиваться бумажным бу-мерангом, который можно вырезать из визитной

карточки. Положив его на ладонь левой руки или на книгу, ему дают сильный щелчок большим и указательным пальцами правой руки (см. рис. 37): бу-меранг летит косо вверх — сажени на две-полторы, описывая подчас довольно затейливые кривые.

Той же цели может служить следующий

маленький снарядец — нечто вроде самострела, — который легко смастерить домашними средствами. Он изготавливается из доски, толщиной в $\frac{1}{3}$ дюйма, длиною в 10 дюймов и ши-

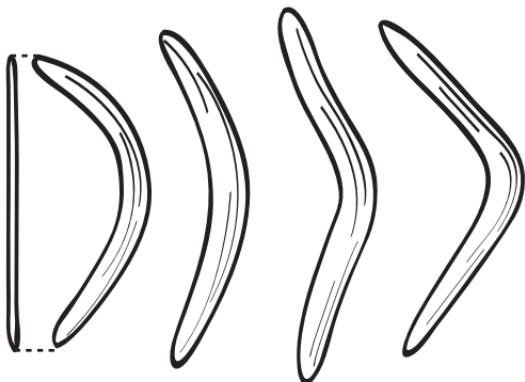


Рис. 35.
Бу-меранги австралийца. Слева — вид сбоку.

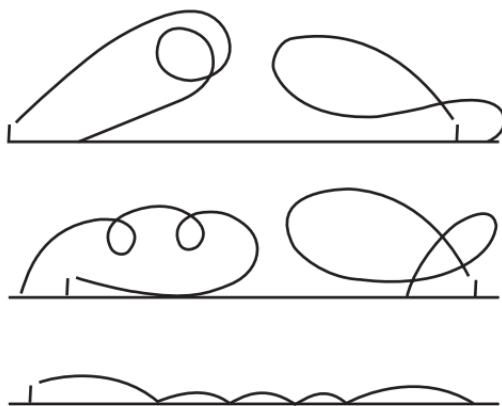


Рис. 36.
Такие кривые описывает бу-меранг при полете.



Рис. 37.
Бумажный бumerанг.

риною в 5 дюймов. Часть её выпиливается, как показано на рис. 38. Линия *AB* изображает полоску китового уса или стали, прикрепленную к доске проволоками (в части *A*). Другой конец *B* свободен; полоска имеет такую длину, чтобы конец её *B*, когда его отпускают (на рис. полоска изображена в согнутом положении), достигал точки *C*, где находится конец бумажного бумеранга: ударяясь о него, стальная полоска сообщает ему сильный толчок, приводя его этим сразу в поступательное и вращательное движение.

Самый бумеранг покоится на трех коротких кусках проволоки или гвоздях без шляпок (*D*), воткнутых в толщу доски.

Изменяя размеры, форму и вес нашего бумажного бумеранга, а также силу стальной пружины, можно на описанном снарядике изучить все особенности полета бумеранга.

Кстати отметим, что относительно бумеранга в широкой публике (да и не только в ней) распространены совершенно превратные представления. Во-первых, самое название «бумеранг» неверно. То орудие, которое известно у нас под

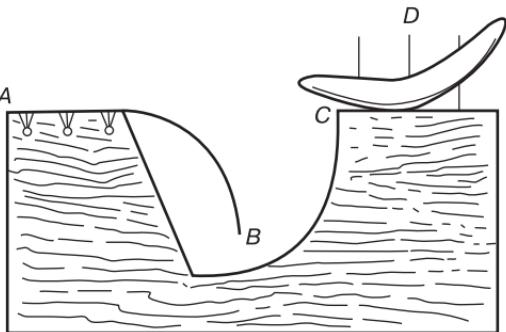


Рис. 38.
Самострел для бумажного бумеранга.

этим названием, носит у австралийцев разные наименования: «паркан», «вагно», «книли» — но только не бumerанг. Во вторых, это орудие вовсе не составляет исключительной особенности обитателей Австралии. Оно употребляется в различных местах передней Индии и, судя по остаткам настенной живописи, было некогда обычным вооружением ассирийских воинов. В древнем Египте и Нубии бumerанг также был хорошо известен. Есть даже основание полагать, что с ним были знакомы древнейшие обитатели Европы. Единственное, что исключительно свойственно Австралии — это винтообраз-

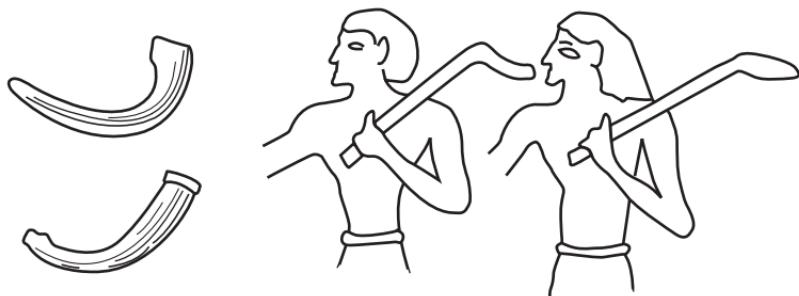


Рис 39.

Древнеегипетские воины с бumerангами. Слева — индийские бumerанги.

ный изгиб, придаваемый бumerангу. Вот почему австралийские бumerанги наиболее совершенны: они взлетают вверх, описывают сложные кривые и — в случае промаха — возвращаются к ногам метателя. Мы подчеркиваем слова «в случае промаха», так как в обществе распространено мнение, будто бumerанг всегда возвращается к ногам австралийца. Это не верно: поразив жертву, бumerанг падает вместе с ней.



ГЛАВА VI

Свойства жидкостей

Стакан и ведро одинаково давят!

Паскаль, а еще до него Стевин, доказали, что давление жидкости на дно сосуда зависит только от площади дна и от высоты уровня над дном; ни от чего другого оно не зависит. В сосуде *A* налит стакан воды, в сосуде *B* — чуть не целое ведро.

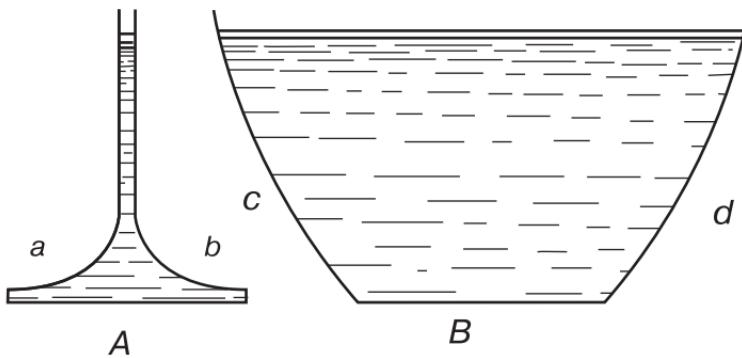


Рис. 40.

Основания обоих сосудов испытывают одинаковое давление.

И все-таки, по закону Паскаля, днища обоих сосудов испытывают одинаковое давление, если только площади их равны и вода налита до одного уровня.

Это представляется совершенно невероятным. В самом деле, если вода в обоих сосудах одинаково давит на дно, то, значит, поставив оба сосуда на чашки весов, мы должны ожидать, что весы не выйдут из равновесия! А может ли быть,

чтобы стакан воды и ведро воды одинаково весили? Ясно, что закон Паскаля неверен.

Нет, не закон Паскаля ошибочен, а ошибочно это рассуждение.

В сосуде *B* на чашку весов будет давить не только его дно, но передается также и давление воды на боковые стенки *c* и *d*. На другой же чашке весов не только не будет этого добавочного давления, но наоборот, еще отнимется давление жидкости снизу вверх на стенки *a* и *b*. Поэтому общий вес сосуда *A* будет меньше веса сосуда *B*, — и этим устраняется смущившее нас противоречие.

Давление жидкости снизу вверх

Мы только что говорили о давление жидкости снизу вверх. Простое ламповое стекло дает вам возможность убедиться, что такое давление действительно существует. Вырежьте из плотного картона кружок таких размеров, чтобы он закрывал отверстие лампового стекла. Приложите кружок к краям стекла и погрузите в воду, как показано на рисунке. Чтобы кружок не отпадал при погружении, его можно придерживать веревочкой или просто прижимать пальцем. Погрузив стекло до определенной глубины, вы



Рис. 41.
Давление жидкости снизу вверх.

заметите, что кружок держится сам, не будучи прижимаем ни давлением пальца, ни натяжением бечевки: его поддерживает вода, надавливающая на него снизу вверх.

Нетрудно измерить и силу этого давления снизу вверх. Для этого стоит только налить в наше стекло воды: как только уровень воды внутри стекла сравняется с уровнем её в сосуде —

кружок отпадет. Значит, давление воды снизу вверх уравновешивается давлением столба воды, основание которого равно площади кружка, а высота — глубине кружка под водой.

Имея несколько ламповых стекол разной формы, но с одинаковыми отверстиями, мы сможем проверить закон Паскаля; он состоит, как известно, в том, что давление жидкости на дно сосуда зависит только от пло-



Рис. 42.
Как проверить закон Паскаля.

щади дна и высоты уровня, от формы же сосуда совершенно не зависит. Проверка будет состоять в том, что вы проделаете описанный раньше опыт с разными стеклами, погружая их на одну и ту же глубину (для чего надо предварительно наклеить на стеклах бумажные полоски на одной высоте). Вы заметите при этом, что кружок всякий раз будет отпадать при одном и том же уровне стояния воды в стеклах. Это показывает, что давление водяных столбов различной формы одинаково, если

только одинаковы их основания и высоты (именно высоты, а не длины, потому что длинный наклонный столб давит также, как и короткий столб одинаковой с ним высоты, при равных основаниях).

Весы для писем

Давлением воды снизу вверх вы можете воспользоваться, чтобы устроить себе кое-какие полезные в хозяйстве предметы. Так, вы без больших хлопот можете смастерить весы для взвешивания писем и других легких предметов. Такие весы — весьма полезный предмет домашнего обихода, об отсутствии которого часто сожалеют. Рис. 43 изображает подобные самодельные весы простейшего типа. Деревянный брускок, гладко обструганный (отрезанный хотя бы от сломанной трости), длиною вершков в 6—7, погружают стоймия в банку с водой, привязав к концу его груз, чтобы брускок сохранял равновесие в воде. К верхнему, выступающему над водой концу его приклеивают горизонтально плотную визитную карточку. Теперь остается лишь нанести деления на брускок — и наши весы готовы. Деления наносятся, конечно, испытанием: накладывая разновески в 1, 2, 3, 4 и т. д. лота, делают черточки на соответствую-

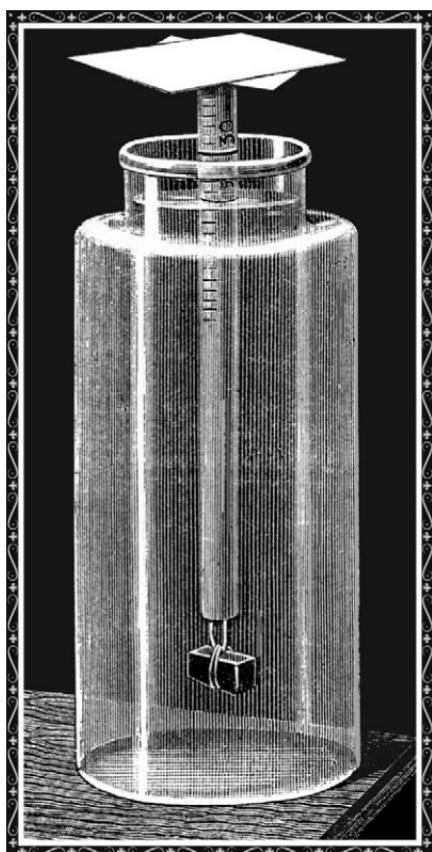


Рис. 43.
Самодельные весы для писем.

ющих местах бруска у поверхности воды. Затем, положив письмо на верхнюю «чашку» наших весов, мы прямо узнаем вес его по тому делению, до которого брускок погрузится в воду.

За неимением гирь можно пользоваться медной монетой, зная, что 1 коп. весит приблизительно $\frac{1}{4}$ лота.

Когда деревянный брускок пропитается водой, он станет тяжелее; поэтому не следует оставлять его подолгу в воде после употребления, а необходимо каждый раз вынимать из банки и высушивать. В случае сомнения можно применять описанный на стр. 32 прием «взвешивания заменой».

Свеча в воде

Воткнув гвоздь в основание стеариновой свечки (надо взять небольшой кусок) и погрузив такую свечку в стакан с водой, мы получим простой и практичный ночник. Свеча, плавая в воде, должна, по мере сгорания, выступать из воды, и так будет продолжаться почти до полного сгорания свечи. Это

кажется неправдоподобным, а между тем, легко убедиться в справедливости нашего утверждения. Дело в том, что части свечи, прилегающие к воде, охлаждаются ею и потому не растапливаются от действия пламени. Вслед-

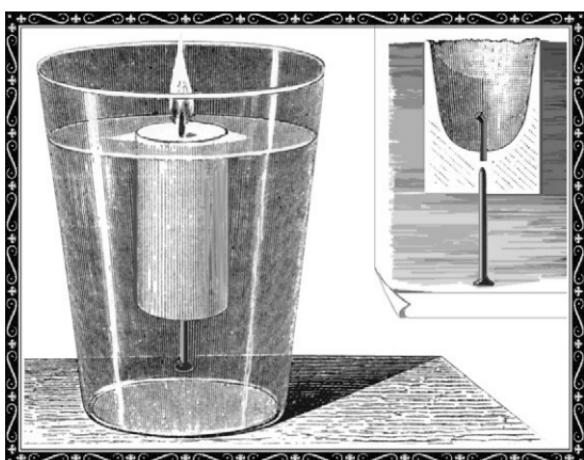


Рис. 44.
Практичный ночник.

ствие этого в свече образуется бокалообразное углубление, на дне которого фитиль продолжает гореть, даже находясь ниже уровня воды.

Практичность этого ночника заключается в его безопасности: в случае падения стакана со свечей вода, вылившись, сама затушит пламя.

Копейка, которая в воде не тонет

Начнем наши опыты с более легких предметов — с иголок. Кажется невозможным заставить иглу плавать по поверхности воды, а между тем, это нетрудно сделать. Положите на поверхность воды лоскуток папиросной бумаги, а на него — совершенно сухую иголку. Теперь остается только осторожно удалить папиросную бумагу из-под иглы. Делается это так:

вооружившись иглой или булавкой, слегка погружают в



Рис. 45.

Как заставить иглу плавать с помощью бумажки.



Рис. 46.

Можно осторожно положить иглу на воду с помощью двух петель.

воду края лоскутка, постепенно подбираясь к середине. Когда лоскуток весь промокнет, он упадет на дно, игла же будет продолжать плавать. При помощи магнита, подносимого к стенкам стакана (на уровне воды), вы можете даже управлять её движениями.

Вместо иглы можно заставить плавать булавку, серебряный пятак и т. п. мелкие металлические предметы. Наловчившись в этом, попробуйте заставить плавать и копейку.

При известной ловкости можно обойтись и без папиросной бумаги, кладя иглу прямо на поверхность воды, непосредственно пальцами, либо же посредством нитяных петель

или вилки, как изображено на прилагаемых рисунках. Вода не особенно сильно смачивает сухое железо, поэтому вокруг плавающей иглы образуется на поверхности воды углубление



Рис. 47.

Можно заставить иглу плавать с помощью вилки.



Рис. 48.

Смазанную жиром иглу можно прямо класть на воду.

(его можно даже видеть). Вес иголки меньше веса того объема воды, который она при этом выдавливает — следовательно, по закону Архимеда, игла должна плавать.

Всего проще добиться этого результата, если смазать иголку маслом; такая игла совсем не смачивается водой, и ее можно смело класть на поверхность воды, не опасаясь, что она утонет.

Что тяжелее?

На одну чашку весов поставлено ведро, до краев наполненное водой. На другую чашку помещено точно такое же ведро, тоже полное до краев, но в нем плавает кусок дерева. Спрашивается, какое ведро перетянет?

Одни скажут, что должно перетянуть то ведро, в котором плавает дерево. Другие же скажут, что, наоборот, перетянет первое ведро, так как вода тяжелее дерева.

Но ни то ни другое не верно: оба ведра, как ни странно, имеют одинаковый вес. Во втором ведре, правда, меньше воды, нежели в первом, потому что плавающий кусок дерева вытесняет некоторый её объем. Но, по законам физики, плава-

ющее тело вытесняет своей погруженной частью ровно столько жидкости, сколько весит все это тело. Вот почему весы и остаются в равновесии.

Вулкан в стакане воды

Жидкие тела плавают и тонут по тем же законам, что и твердые: если они тяжелее той жидкости, в которую погружены, они тонут; если легче — всплывают вверх.

На плавании жидкостей (красного вина в воде — спирт легче воды) основан следующий, довольно хлопотливый, но зато очень эффектный опыт.

Возьмите широкую банку, вроде тех, что употребляются для небольших аквариумов. В этом сосуде устройте из гипса коническое возвышение, долженствующее изображать вулканическую гору. Внутрь горы заделайте небольшую узкогорлую бутылочку (пузырек) с красным вином так, чтобы отверстие пузырька служило «кратером» вулкана. Обращаться с гипсом очень легко; купив его в виде порошка в москательной лавке*,



Рис. 49.
Искусственный вулкан.

* Мокасательная лавка — лавка, торгующая красильными и аптечными

высыпьте его на черепок и размешайте деревяшкой с равным количеством воды; когда гипс начнет густеть, обложите им пузырек, поставленный на дно банки.

Теперь вулкан готов, но он еще в покое и не действует. Чтобы пробудить его к деятельности, достаточно просто наполнить банку водой. При этом вино, как более легкая жидкость, будет подниматься из замурованного в гипсе пузырька и стоять над кратером в виде красноватого дыма. Для вящущего эффекта следует слегка мешать воду в сосуде, отчего красный «дымя» будет клубиться, как бы от ветра, до иллюзии напоминающей картину действующего вулкана.

Магическое наполнение бутылки

На том же свойстве жидкостей располагаться по их удельному весу основан следующий опыт. Имеется бочонок,

наполненный вином, без крана; он закрыт со всех сторон и снабжен лишь одним отверстием на верху. Требуется наполнить этим вином пустую бутылку, не изменяя положения бочонка и не прибегая никаким приспособлениям.



Рис. 50.
Простое решение мудреной задачи.

припасами, употребляемыми в ремеслах, фабричных и промысловых производствах. — Прим. изд.

Задача эта может поставить в тупик самого находчивого человека, если он недостаточно знаком с физикой. А между тем, разрешается она почти так же просто, как пресловутая Колумбова задача о яйце.

Зная, что вода тяжелее вина, наполните бутылку водой, заткните пальцем, переверните, погрузите горлышко в вино и, когда отверстие бутылки будет под вином, уберите палец. Легко понять, что должно произойти: вода будет выходить из бутылки, а на её место будет подниматься вино. Через некоторое время вся бутылка наполнится вином.

Если отверстие в бочке очень мало, так что в него можно просунуть только горлышко, для пальца же не остается места, то поступают несколько иначе. Вырезают из бумаги небольшой кружок и накрывают им горлышко бутылки, наполненной водой до самых краев, так чтобы бумажка вплотную прилегала к воде. Теперь можно перевернуть бутылку — вода не выльется. Вставив ее в отверстие бочонка, удаляют кружок боковым движением бутылки.

Образование миров

Мы только что видели, что одна жидкость может плавать и тонуть в другой. Но она может также находиться в равновесии внутри другой жидкости, не всплывая вверх и не опускаясь вниз. При этом, однако, наблюдается одно довольно неожиданное и любопытное явление.

Вы легко можете наблюдать его сами, если дадите себе труд проделать следующий опыт. Зная, что прованское масло* плавает в воде, но тонет в чистом спирте, вы можете приготовить такую смесь, в которой масло не тонуло бы и не всплывало. Введите в эту смесь посредством шприца немного масла — и вы увидите, что масло соберется в большую, совершенно круглую каплю, которая будет неподвижно висеть внутри жидкости. Опыт надо проделывать с известной сноровкой — иначе у вас получится не одна большая капля, а несколько шариков поменьше. Но и в таком виде опыт достаточно интересен.

* Прованское масло — съедобное оливковое масло. — Прим. изд.



Рис. 51.
Масляный шарик висит внутри стакана с разбавленным спиртом.

бежной силы, — а затем, через несколько секунд, отделит от себя кольцо. Разрываясь на части, кольцо образует не бесформенные куски, а шарообразные капли, которые продолжают обращаться вокруг центрального шара, как планеты вокруг солнца.

Это не простое сравнение: то, что вы здесь видите, есть точное подобие процесса образования планет из первичной туманности...

Впервые этот прекрасный и поучительный опыт произвел физик Плато.

Это, однако, еще не все. Пропустите через центр жидкого масляного шара длинную деревянную зубочистку или проволоку и вращайте ее, как ось. Масляный шар примет участие в этом вращении; опыт удается лучше, если насадить на ось небольшой смоченный маслом картонный кружочек, который бы весь оставался внутри шара. При вращении шар начнет сначала сплющиваться, под действием центро-

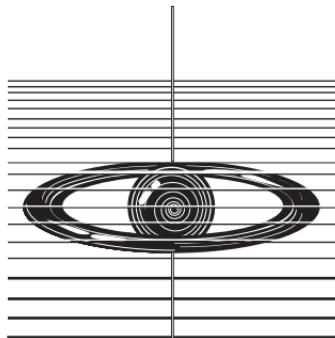


Рис. 52.
Опыт Плато.

Жидкости в Жюль-Верновском ядре

Мы уже убедились, что все тела внутри летящего вагона-ядра, изобретенного фантазией Жюля Верна, должны утратить свой вес. Жидкости, разумеется, не составляют исключения, — и читатель, вероятно, легко догадается, что произойдет с ними при подобных условиях. Впрочем, вопрос так любопытен, что стоит рассмотреть его поближе.

Жюль Верн описывает, как пассажиры ядра праздновали свой перелет через нейтральную зону: расставив в воздухе стаканы, они налили в них вина и выпили.

Едва ли это могло быть так. В самом деле: как они извлекли вино из бутылки? Простого опрокидывания бутылки недостаточно, так как *и в е с о м а я* жидкость при этом не выльется. Вы скажете, что они *в y t r я x i v a l i* вино, ударяя ладонью по дну бутылки. Мы сейчас убедимся, что и это едва ли верно, — но пока займемся вопросом: что станется с невесомой жидкостью вне бутылки. Опыт Плато, только что описанный, дает нам ответ: она соберется в форме шара и будет в таком виде висеть в воздухе. Пассажирам придется глотать эти шары, как мы глотаем капсулы касторки. Как видите, никакой надобности в стаканах нет: можно прекрасно обойтись без них.

Мало того: в данном случае стаканы, пожалуй, испортили бы все празднество. Попробуем разобрать, что сделается с невесомым вином, если его «вытряхнуть» из бутылки в стакан. Известно, что спирт смачивает стекло; это значит, что притяжение между спиртом и стеклом больше, чем взаимное притяжение частиц спирта между собой. Вино в этом отношении мало отличается от спирта. Поэтому, если мы «втрясем» невесомое вино в стакан, то оно вовсе не будет оставаться внутри него, а растечется по его внутренней и наружной поверхностям, окружив стакан со всех сторон жидкой оболочкой. Эту оболочку пассажирам ядра и пришлось бы слизывать: прямо пить вино из стакана при таких условиях невозможно.

Теперь понятно, что и «вытряхивать» вино из бутылки не пришлось бы: едва только пробка будет извлечена, вино само вытечет из бутылки, окружив со всех сторон её наружные

стенки. Пассажирам пришлось бы немало повозиться, прежде чем «разлить» это невесомое вино по стаканам. Да и то еще хорошо, что бутылка и стаканы «стоят в воздухе»: если бы они находились на столе, вино растеклось бы по столу, затем по полу и по стенкам вагона, — и бравым пассажирам пришлось бы праздновать переход через нейтральную зону с пустыми стаканами.

Впрочем, мы уже доказали выше, что предметы внутри ядра становятся невесомыми с первого же момента полета, и, следовательно, нашим путешественникам пришлось бы все время считаться с подобными неприятностями.

Как выйти сухим из воды?

Оказывается, что это возможно в буквальном смысле слова. По крайней мере, можно, не замочив рук, вынуть кольцо со дна сосуда, полного воды. Для этого вам придется запастись



Рис. 53.
Рука остается сухой.

баночкой особого порошкообразного вещества — так называемого ликоподия*, или плаунового семени, которое вы можете достать в любой аптеке. Посыпьте этого порошка на поверхность воды, — а затем

* Ликоподий — зрелые сухие споры разных видов плауна (*Lycopodium*), произрастающих в хвойных лесах России. Очень мелкий светло-жёлтый порошок, жирный на ощупь, без запаха и вкуса. Содержит до 50% жирного масла, глицерин, сахар и др. Используется в аптечном деле для обсыпки пилюль, чтобы предохранить их от слипания, а также в пиротехнике и для обсыпки форм при фасонном литье металла. Ликоподий получают из зрелых колосков, которые срезают и досушивают в помещениях при 35—40°С. — Прим. изд.

проводно погрузите руку в сосуд и смело берите кольцо. Когда вы вынете руку из воды, вы, к изумлению своему, убедитесь, что она так же суха, как была и до погружения. Разгадка опыта в том, что ликоподиева пленка обволакивает руку наподобие перчатки, которая и защищает ее от смачивания.

Как носить воду в решете?

Знание физики может помочь не только «выйти сухим из воды», но и исполнить такое, по-видимому, невозможное дело, как «ношение воды в решете». Для этого возьмите проволочное решето с довольно крупными ячейками и окуните его сетку в растопленный парафин. Затем выньте решето из парафина и дайте ему обсохнуть; проволока при этом покроется тонким, едва заметным для глаз слоем парафина. Решето осталось решетом, но теперь вы можете, в буквальном смысле слова, носить в нем воду: в таком решете удерживается довольно высокий слой воды, не проливаясь сквозь ячейки.

Почему же вода не проливается? По той же причине, по какой вода не выливается из капиллярной трубки: она прилипает к парафину, образуя водянную пленку, способную удержать на себе слой воды. Такое решето можно уподобить большому пучку очень коротких тонких трубочек, в каждой из которых удерживается столбик воды.

Мнимый «вечный двигатель»

Во многих книгах описывается, как настоящий «вечный двигатель», прибор следующего устройства. Масло (или вода), налитое в ванну, поднимается фитилями сначала в нижний резервуар, а оттуда, другими фитилями, поднимается еще выше; верхний резервуар имеет жёлоб для стока масла, которое падает на лопатки колеса, приводя его во вращение. Стекшее в ванну масло снова поднимается по фитилям до верхнего резервуара. Таким образом, струя масла, стекающая по желобку на колесо, ни на секунду не прерывается, — и колесо вечно должно находиться в движении... Заманчивая вертушка, не правда ли?

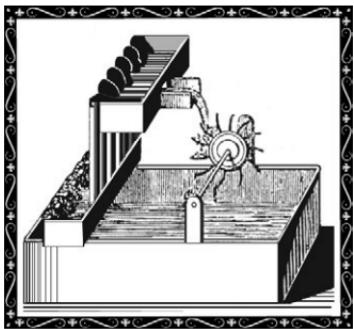


Рис. 54.

Будет ли действовать эта вертушка?

почему это масло должно стекать с верхней части фитиля, загнутого вниз? Ведь та самая сила, которая, преодолев тяжесть, подняла жидкость вверх по фитилю, удержит жидкость в порах намокшего фитиля, не давая ей капать с него. Фитили могут перемещать жидкость лишь с высшего уровня на низший, а никак не наоборот; и если бы в верхнем резервуаре нашей мнимой вертушки каким-нибудь образом оказалась жидкость, то те же фитили, которые будто бы доставили ее сюда, сами же и перенесли бы ее в нижний резервуар, а оттуда в ванну.

На опыте легко проверить эту способность фитилей переносить жидкости с высшего уровня на низший. Простая полоска сукна, предварительно смоченная водой, заменит вам фитиль, а роль резервуаров исполнят

Если бы лица, прославляющие эту вертушку, дали себе труд изготовить ее, они убедились бы, что колесо не только не вертится, но ни одна капля жидкости не достигает верхних резервуаров.

В этом можно убедиться и простым рассуждением, не приступая даже к изготовлению вертушки. В самом деле,



Рис. 55.
Откуда и куда переходит вода?

две рюмки, размещенные, как показано на рис. 55. Менее чем в час суконная полоска перетянет содержимое верхней рюмки в нижнюю. Но обратно, из нижней рюмки в верхнюю, вода переходит не будет — по причине, на которую мы уже указали.

Опыты с надломанными спичками

Надломанная спичка обыкновенно считается ни на что не годной, — а между тем, она может служить для ряда занимательных опытов. Эти опыты основаны на свойстве древесных волокон всасывать в себя воду и распрямляться под давлением воды, проникшей в эти волокна. Стоить капнуть воды на место излома, чтобы спичка начала медленно распрямляться. С какою силой совершается это распрямление, видно из следующего опыта (рис. 56). Надломанную спичку прикрепляют к коробке булавкой, как показано на рисунке, и к концу её привязывают нитку, обхватывающую 5 или 6 спичек. Если капнуть на излом воды, то спичка, выпрямляясь, повлечет за собой всю связку.

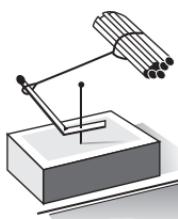


Рис. 56.
С какой силой выпрямляется смоченная спичка.



Рис. 57.
Как зажечь спичку каплей воды.



Рис. 58.

Как при помощи капли воды бросить монету на дно бутылки.

Из многочисленных опытов, основанных на этом свойстве, укажем хотя бы на такой. Надломив спичку у конца без головки, прикалывают ее булавкой к пробке (рис. 57). Возле пробки ставят зажженную свечу. Пустив водянную каплю

на излом, заставляют спичку, распрямляясь, зажечься от пламени свечи.

Вот еще один любопытный опыт. Положите переломанную спичку на отверстие бутылки, а на нее — монету, как показано на рис. 58, — и предложите гостям переместить монету на дно бутылки... при помощи капли воды! Непосвященный человек в недоумении остановится перед такой задачей. Но ларчик открывается просто: капля воды, попав на место излома, раздвинет обе половины спички, и монета сама упадет в бутылку.

Самодвижущиеся фигуры

Рис. 59 показывает, как можно воспользоваться этим свойством надломанных спичек для приготовления движущихся фигур. Корпус и отдельный части фигуры вырезаются из плотной бумаги; лицевую сторону разрисовывают и раскрашивают, а на оборотной прикрепляют сургучом надломанные спички, придав членам тела спокойное положение. Теперь стоит положить фигуры задней стороной на мокрую тарелку, чтобы они начали двигаться.

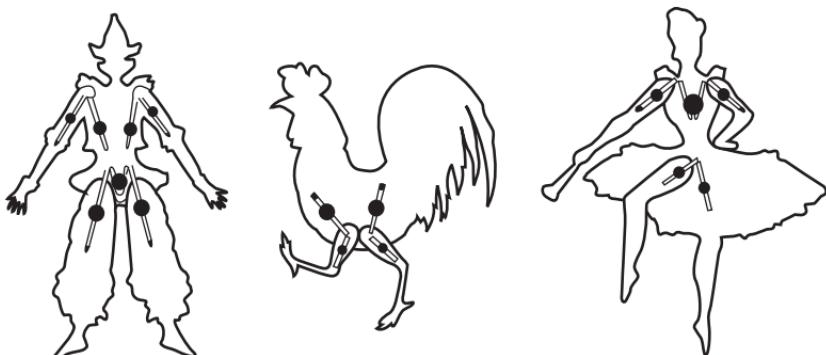


Рис. 59.
Как устроены самодвижущиеся фигуры.

На способности волокнистых и иных тел вбирать в себя влагу из воздуха основано устройство простейших «гигроскопов», — т. е. показателей влажности. Изменяя свою форму под

влиянием влаги, эти тела приводят в движение соединенные с ними части фигур: надевают монаху капюшон, подымают руку с зонтиком и т. п.

Мыльные пузыри

В обыденности мыльные пузыри не пользуются хорошей репутацией, — по крайней мере, в разговоре мы употребляем их для не особенно лестных уподоблений. Совсем иначе смотрит на них физик. «Выдуйте мыльный пузырь, — говорил великий английский ученый лорд Кельвин, — и смотрите на него; вы можете заниматься всю свою жизнь его изучением, не переставая извлекать из него уроки физики». Действительно, восхитительные переливы красок на поверхности тончайших мыльных пленок дали физикам возможность измерить длину световых волн, а изучение натяжения этих пленок раскрыло законы действия молекулярных сил. Труднейшие отходы физики были разработаны на опытах с этими нежными игрушками.

Те немногие опыты, которые описаны ниже, не преследуют столь серьёзных задач. Это просто интересное развлече-

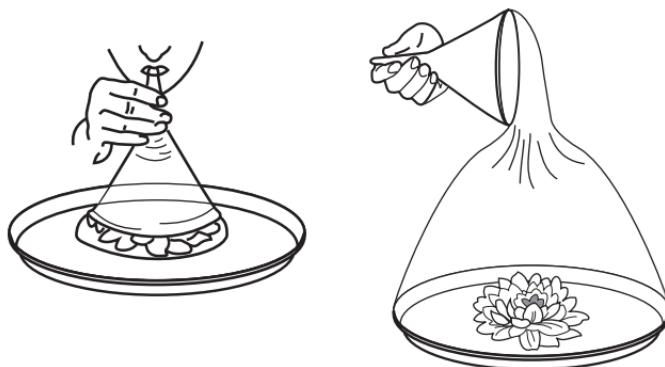


Рис. 60.
Мыльный пузырь вокруг цветка (начало и конец опыта).

ние, которое лишь познакомит нас с искусством выдувания мыльных пузырей, — искусством, требующим известной сноровки. Приобретя надлежащую ловкость, читатель сможет

перейти к производству действительно научных опытов с пузырями. Английский физик Бойс подробно описал несколько десятков разнообразных систематических опытов с мыльными пузырями. Его книга «Мыльные пузыри» имеется в русском переводе*, и мы отсылаем к ней тех из наших читателей, которых заинтересуют описанные здесь простейшие опыты.

Все нижеописанные опыты можно производить и с раствором простого жирного желтого мыла, но для желающих мы укажем на так называемое белое кастильское мыло**, как на наиболее пригодное для получения крупных и красивых

мыльных пузырей. Раздобыв кусок такого мыла (в аптеке или аптекарском магазине), разводят его осторожно в чистой холодной воде, пока не получится довольно густой раствор. Всего лучше пользоваться мягкой дождевой или снеговой водой. Чтобы

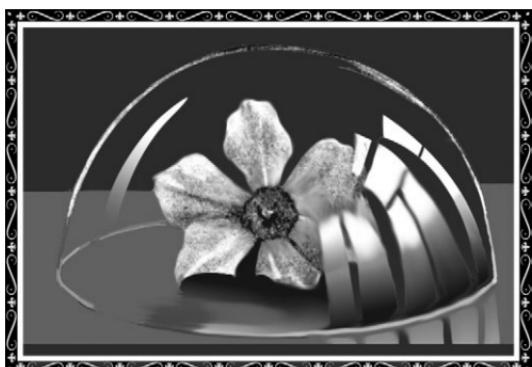


Рис. 61.

Цветок под мыльным колпаком.

пузыри держались долго, Плато советует прибавлять к мыльному раствору $\frac{1}{3}$ глицерина (по объему). С поверхности раствора ложкой удаляют пену и пузырьки, а затем погружают в него тонкую глиняную трубочку, конец которой изнутри и извне вымазывают предварительно мылом. Достигают хороших результатов и с помощью соломинки длиною вершка в 2—3, с крестообразным расщепом на конце.

Кроме глиняных, так называемых голландских, и соломенных трубок можно употреблять свернутые бумажные трубки,

* Санкт-Петербург, 1894 г.

** Кастильское мыло — приготавливается исключительно из растительных масел — оливкового, пальмового, миндального, конопляного, из масла растения жожоба (хочоба), а не жиров животных. — Прим. изд.

толщиною приблизительно с карандаш; они также должны быть крестообразно расщеплены на конце.

Выдувают пузырь так: всосав в трубку немного раствора (сколько — покажет практика), осторожно дуют в трубку, держа ее вертикально. Так как пузырь наполняется при этом теплым воздухом наших легких, который легче окружающего комнатного воздуха, то выдутый пузырь стремится подняться вверх.

Если удастся сразу выдуть пузырь, примерно в 3 вершка диаметром, то раствор годен; в противном случае прибавляют в жидкость еще мыла до тех пор, пока можно будет выдуть пузырь указанных размеров. Но этого мало. Выдув пузырь, обмакивают указательный палец в мыльный раствор и стараются проткнуть этим пальцем пузырь; если последний при этом не лопнет, то можно приступить к опытам; если же пузырь не выдержит такого натяжения его стенок, то надо будет прибавить еще мыла.

Производить опыты нужно медленно, осторожно и спокойно — только при таком условии они могут вполне удастся. Освещение должно быть по возможности яркое: иначе пузыри не покажут своих великолепных радужных переливов.

Перейдем теперь к описанию некоторых опытов.

Образование мыльного пузыря вокруг цветка. В пустую чашку или блюдце наливают мыльного раствора настолько, чтобы дно чашки было покрыто слоем жидкости в 2—3 миллиметра вышины; в середину кладут водяную лилию или какой-нибудь другой крупный цветок и закрывают его стеклянной воронкой. Затем, медленно подымая

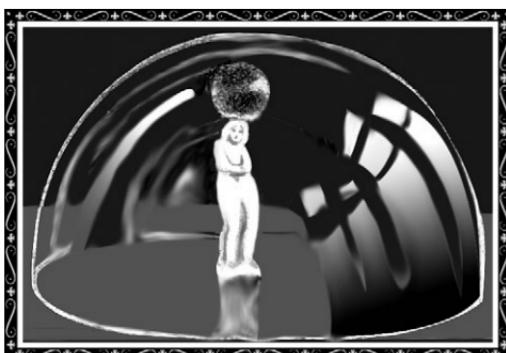


Рис. 62.
Пузырь над статуэткой и вокруг нее.

воронку, дуют в её узкую трубочку — образуется мыльный пузырь; когда же он достигнет достаточных размеров, поворачивают воронку, как указано на рис. 60, высвобождая из-под неё пузырь. Тогда цветок окажется лежащим под прозрачным колпаком из тончайшей мыльной пленки (см. рис. 60 и 61).

Вместо цветка можно употреблять статуэтку, увенчав её голову пузырьком, как показано на рис. 62. Для этого необходимо предварительно капнуть на голову статуэтки немногого раствора, а затем, когда большой пузырь выдуут, проткнуть его трубочкой и выдуть внутри него маленький.

Поместить мыльный пузырь на цветок. Для этого берут астру или какой-нибудь другой цветок с упругими лепестками; его слегка погружают в мыльный раствор, пока середина его не будет смазана жидкостью. Держа цветок за

стебель в левой руке, выдувают в трубочке правой руки мыльный пузырь и тотчас же осторожно перекладывают его на цветок (рис. 63). Если цветок был погружен в раствор целиком, то пузырь облечет его со всех сторон.

Несколько концентрических мыльных пузырей (рис. 64). Из чашки, употребленной для первого опыта, выдувают, как и в том случае, большой

мыльный пузырь. Затем погружают соломинку полностью в мыльный раствор так, чтобы только кончик её, который придется взять в рот, остался сух, и просовывают ее осторожно

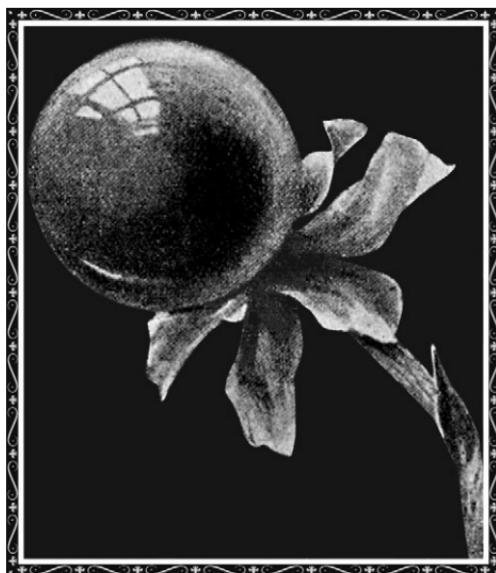


Рис. 63.
Мыльный пузырь на цветке.

через стенку первого пузыря до центра; медленно вытягивая затем соломинку обратно, не доводя её, однако, до края, выдувают второй пузырь, заключенный в первом; в нем — третий, четвертый и т. д. до 5—7 раз.

Цепь из пузырей. Чтобы составить изображенную на рис. 65 цепь из пузырей, нужно быстро сбрасывать в воздух, один за другим, несколько пузырей, по возможности одинаковых размеров. Чем искуснее экспериментатор, тем более длинную цепь ему удастся устроить.

С помощью проволочных рамок и остовов можно получать мыльные пузыри самой разнообразной формы. Проволока отнюдь не должна быть гладкой: заржавленная — самая подходящая. Фигура, изображенная на рис. 66 вверху направо, получается, если погрузить целиком проволочный куб в мыльный раствор и затем вынуть его. При вторичном погружении куба (на этот раз — только нижней стороной) вы получите фигуру, изображенную вверху налево: куб внутри куба.

Цилиндрический пузырь, изображенный на правой стороне рис. 66, получается между двумя проволочными кольцами. Для этого на нижнее кольцо (установленное на трех ножках и имеющее форму тагана) спускают обычновенный шарообразный пузырь (см. средний рис. внизу, на нашей та-

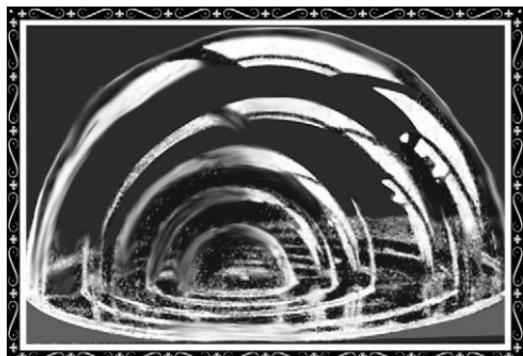


Рис. 64.
Концентрический ряд мыльных пузырей.

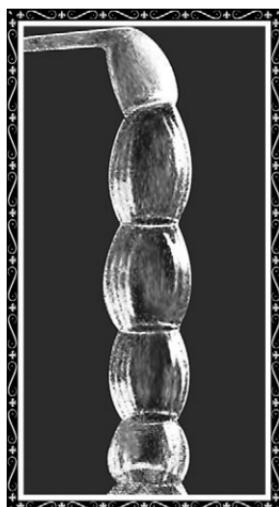


Рис. 65.
Цепь из мыльных пузырей.

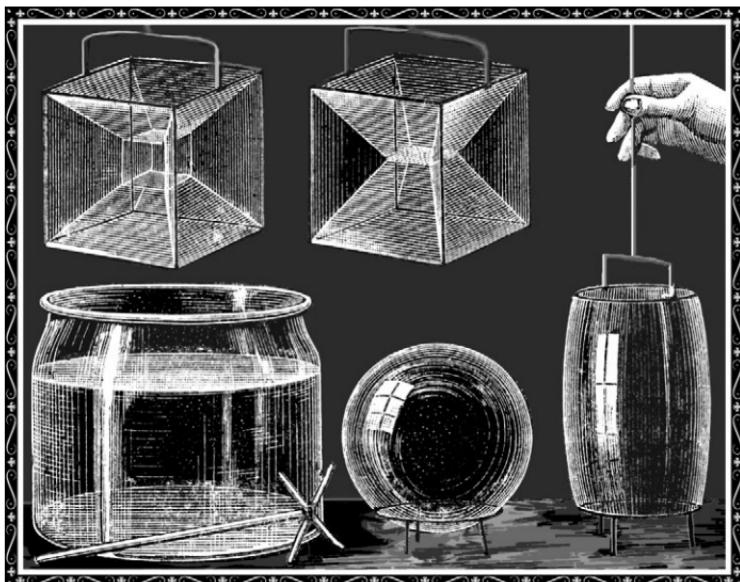


Рис. 66.

Получение мыльных пузырей при помощи проволочных оставов.

блице). Затем сверху к пузырю прикладывают смоченное второе кольцо и, поднимая его вверх, растягивают пузырь, пока он не сделается цилиндрическим.

Любопытно, что если вы поднимете верхнее кольцо на высоту большую, чем длина окружности кольца, то цилиндр в одной половине сужится, в другой — расширится, и затем распадется на два цилиндра неравной величины.

Пленка мыльного пузыря все время находится в натяжении и давит на заключенный в ней воздух; направив соломинку к пламени свечи, вы легко можете убедиться, что сила тончайших пленок не так уж ничтожна: пламя резко уклоняется в сторону (рис. 67 и 68).

Любопытно наблюдать за пузырем, когда он из теплого помещения попадает в холодное: он заметно уменьшается в объеме и, наоборот, раздувается, попадая из холодной комнаты в теплую. Причина заключается, конечно, в сжатии и расширении заключенного в пузыре воздуха.

Красивые переливы цветов пузырей приобретают особенную эффектность, если, выдув пузырь, втянуть его обратно в трубку и затем выдуть вторично.

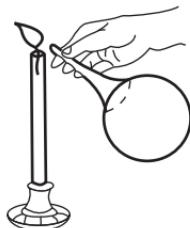


Рис. 67.

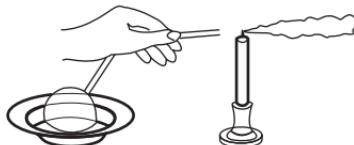


Рис. 68.

Напряжение стенок мыльного пузыря.

На этом мы и покончим с мыльными пузырями и вообще с опытами, основанными на физических свойствах жидкостей. В следующей главе мы будем иметь дело с телами газообразными.



ГЛАВА VII

Свойства газов

Однаково ли весят пуд* воды и пуд железа?

Несообразительных людей принято «ловить» на вопросе: «Что тяжелее — пуд воды или пуд железа?» Простак обычно отвечает, что пуд железа, разумеется, тяжелее, — чем и вызывает громкий взрыв смеха.

Шутники, вероятно, еще громче расхоочутся, если простак, растерявшись, ответит, что пуд воды тяжелее, чем пуд железа. Такое заявление кажется ни с чем не сообразным, — и однако, строго говоря, это единственно верный ответ!

Наше странное утверждение основывается на Архимедовом законе, который, как известно, применим не только к жидкостям, но и к газам, — в том числе, конечно, и к воздуху. Каждое тело, находящееся в воздухе, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненный им объем воздуха.

Вода и железо тоже, конечно, теряют в воздухе часть своего веса, и чтобы получить их истинные веса, нужно прибавить эту потерю.

Следовательно, истинный вес воды, в нашем случае, равен 1 пуду + вес воздуха в объеме воды; истинный вес железа = 1 пуду + вес воздуха в объеме железа.

* Пуд — устаревшая единица измерения массы русской системы мер. 1 пуд = 40 фунтам = 1 280 лотам = 3 840 золотникам = 368 640 долям. Также 10 пудов = 1 берковску (берковцу), более ранней единице массы на Руси. С 1899 года, в соответствии с «Положением о мерах и весах 1899 года», 1 пуд = 16,380496 кг. — Прим. изд.

Но вода занимает больший объем, нежели железо; поэтому истинный вес нашего пуда воды **больше** истинного веса пуда железа! Выражаясь точнее, мы должны были бы сказать: истинный вес того количества воды, которое в воздухе весит один пуд, больше истинного веса того количества железа, которое весит в воздухе также один пуд.

Как поднять тяжелый груз простым дуновением?

Склейте из бумаги длинный прямоугольный мешок, положите его перед собой на стол, на него поставьте толстую тяжелую книгу — и попытайтесь раздуть мешок, как изображено на рисунке. С первого взгляда кажется, что та часть мешка, которая зажата между столом и книгой, не раздуется. Однако сделайте опыт — и вы сразу убедитесь, что силою вашего дуновения вам удастся приподнять и опрокинуть довольно увесистый том, а то и целых два. Подобным образом можно поднять не только тяжелую книгу, но даже и взрослого человека.



Рис. 69.
Дуновением можно опрокинуть тяжелую книгу.

Непослушная пробка

Предыдущий опыт убедил вас, что упругость воздуха есть сила и при том — весьма солидная. Следующий опыт еще более утвердит вас в этом убеждении.

Для опыта вам нужна лишь обыкновенная бутылка и такая пробка, которая была бы меньше отверстия бутылки. Держите бутылку горизонтально, вложите в горлышко пробку и предложите кому-нибудь вдуть пробку внутрь бутылки.

Казалось бы, ничего нет легче, как выполнить эту задачу. Но вот попробуйте на деле: дуньте посильнее на такую пробку — и вы будете поражены результатом. Пробка не только не войдет внутрь бутылки, но... полетит прямо вам в лицо!

Чем крепче подуть, тем сильнее вылетает пробка обратно.

Для того же, чтобы заставить капризную пробку проскользнуть внутрь бутылки, вам надо поступить как раз наоборот: не дуть на пробку, а втянуть в себя воздух из отверстия над ней.

Эти неожиданные явления объясняются крайне просто.



Рис. 70.
Неожиданный результат дуновения.

Когда вы дуете в горлышко бутылки, вы, собственно говоря, вдуваете в бутылку воздух через отверстие между пробкой и стенками горлышка. Этим вы увеличиваете упругость воздуха в бутылке, и он силою

выбрасывает пробку наружу. Когда же втягиваете воздух в себя, вы, напротив, разрежаете воздух в бутылке, — и тогда пробка вталкивается внутрь давлением наружного воздуха.

Опыт удается хорошо лишь тогда, когда горлышко совершенно сухо.

В связи с этим опытом находится тот известный всякой хозяйке факт, что при наполнении бутылки через воронку необходимо время от времени приподнимать воронку, — иначе

жидкость не стекает в бутылку. Здесь препятствием является опять-таки воздух, который, не имея выхода из бутылки, мешает жидкости стекать вниз. Поднятие же воронки открывает ему выход между её наружными стенками и стенками горлышка. Было бы поэтому весьма практично устраивать воронки так, чтобы их суженная часть имела продольные выступы, мешающие ей вплотную приставать к горлышку. Обращаем на это внимание господ стеклянных фабрикантов.

Неиссякаемая пойлушка

Возьмите миску с водой и погрузите в нее полную воды бутылку горлышком вниз; вы убедитесь, что хотя бутылка и откупорена, но вода из неё не выливается: ее поддерживает атмосферное давление.

Пользуясь этим, вы можете устроить в высшей степени практическую пойлушку для домашней птицы. Устройство её настолько просто, что

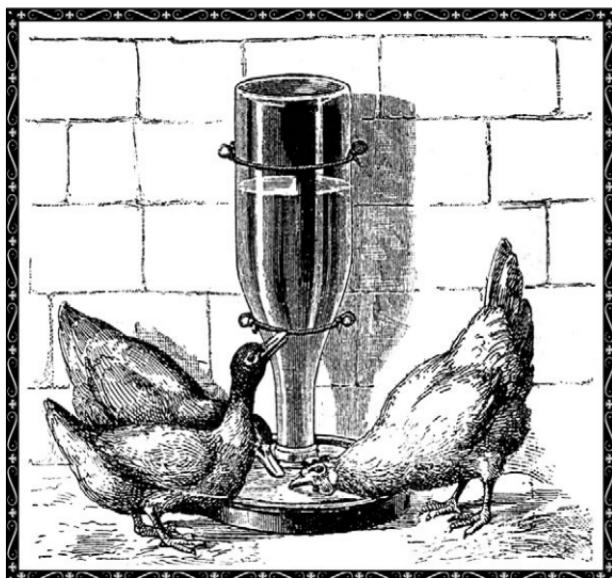


Рис. 71.
Практичная пойлушка.

прямо видно из рисунка, без всяких пояснений. Особенность же её состоит в том, что уровень воды в миске все время остается неизменным, пока в бутылке имеется вода; как только уровень воды в миске станет ниже горлышка, из бутылки польется вода и снова закупорит бутылку.

Еще способ выйти сухим из воды

Положите монету на большую плоскую тарелку, налейте воды настолько, чтобы она покрыла монету, — и тогда предложите гостям взять монету голыми руками, не замочив пальцев.

Для решения этой задачи вам придется воспользоваться стаканом и горящей бумажкой. Зажгите бумажку, положите ее, горящую, внутрь стакана и быстро поставьте стакан на

тарелку вне монеты, опрокинув его дном вверх. Бумажка скоро потухнет, стакан наполнится белым дымом, а затем под него сама собой соберется вся вода с тарелки. Монета же, конечно, останется на месте, и когда она обсохнет, вы сможете взять ее, не замочив пальцев.



Рис. 72.

Как собрать всю воду из тарелки под опрокинутый стакан.

Какая же сила вогнала воду в стакан и поддерживает ее на определенной высоте? Сила атмосферного давления. Горящая бумажка нагрела воздух в стакане; воздух от нагревания расширился, и часть его вышла наружу. Когда бумажка потухла, воздух понемногу снова остыл, но при охлаждении он уменьшился в объеме, — и на место недостающего воздуха вошла вода, вгоняемая в стакан давлением наружного воздуха.

Что здесь главная причина именно в нагревании воздуха, а не в поглощении части кислорода горящей бумажкой (как приходится иногда слышать и читать) — это видно хотя бы из следующих фактов: 1) Вы можете, вместо того, чтобы класть в стакан горящую бумажку, просто нагреть его — например, сполоснув его кипятком. 2) Если вместо бумажки взять смо-

ченную спиртом вату, которая горит дольше и, следовательно, сильнее нагревает воздух, — то вода поднимется чуть не до половины стакана; между тем известно, что кислород составляет по объему только $\frac{1}{5}$ всего объема воздуха.

Вместо бумажки можно пользоваться спичками, воткнутыми в пробочный кружок, — как и показано на рис. 72.

Сложное объяснение простого явления. Пульверизатор

До сих пор мы все время встречали простые объяснения для более или менее сложных явлений. Теперь перед нами обратный случай: явление на первый взгляд крайне просто, а объяснение его очень сложно.

Мы говорим о пульверизаторе, обо всем известном, обыкновенном коленчатом пульверизаторе. Каждый из нас знаком с его употреблением, но едва ли найдется много людей, которые могли бы правильно объяснить механизм его действия.

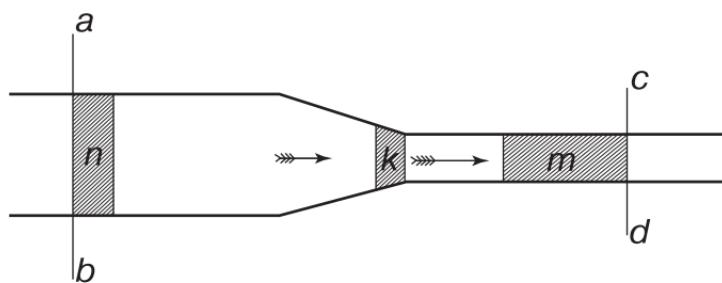


Рис. 73.
Как течет газ по трубе.

В школьных курсах физики действие пульверизатора объясняется чересчур в общих чертах, — не потому, что оно само собой понятно, а наоборот: потому что оно очень сложно. Для физика-любителя, однако, обидно не знать, на чем основано устройство столь обыкновенного и всем известного снаряда. Постараемся же разобраться в этом.

Прежде всего нам придется сделать маленькое отступление и побеседовать о скорости течения газа в трубке, имеющей неодинаковую ширину. Легко показать, что количество

газа, проходящее в 1 секунду через поперечное сечение трубы, должно быть одинаково как в узких, так и в широких частях трубы. Действительно, если бы (рис. 73) в какой-нибудь промежуток времени через сечение *ab* проходило большее количество газа, нежели через сечение *cd*, то это значило бы, что часть газа застrevает в промежутке между *ab* и *cd*; в этом промежутке все время происходило бы накопление газа, — а это не отвечает действительности.

Но если количество газа, протекающее через поперечное сечение, одинаково и в узкой и в широкой частях трубы, то ясно, что скорость течения должна быть не оди-

накова, а именно: она должна быть больше в узкой части и меньше — в широкой. Ясно это из того, что столбик *n* широкой трубы превратится в её узкой части в столбик *m*, имеющий меньшую ширину, но большую длину; между тем, согласно предыдущему, время прохождения обоих столбиков через поперечные сечения должно быть одинаково, — ибо они заключают равные объемы газа.

Теперь рассмотрим, как изменяется давление (или упругость) газа при переходе из широкой трубы в узкую. Возьмем тонкий слой газа *k* на самой границе. В широкой части он двигался медленно, теперь же будет двигаться быстрее; ясно, что сзади он испытывает больший напор, нежели спереди, — иначе он не стремился бы ускорять свое движение. Отсюда прямо следует, что сзади нашего слоя, т. е. в широкой части трубы, давление (упругость) больше, нежели впереди его, т. е. в узкой её части.

Тут мы и подошли к самой сути дела: мы логически доказали, что газ, переходя из широкой части трубы в узкую, уменьшает свою упругость.

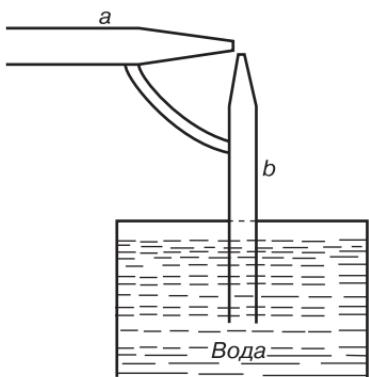


Рис. 74.
Пульверизатор в разрезе.

Зная эту особенность, уже легко объяснить действие пульверизатора.

Когда мы дуем в колено *a*, заканчивающееся сужение (рис. 74), то воздух, переходя в это сужение, уменьшает свою упругость. С этой уменьшенной упругостью он и выходит из трубы. Таким образом, над трубкой оказывается воздух с уменьшенной упругостью, и потому давление атмосферы гонит жидкость вверх по трубке; у отверстия жидкость попадает в струю выдуваемого воздуха и под её действием распыляется.

Таков довольно сложный механизм действия столь простого на вид прибора. В заключение укажем, как самому устроить пульверизатор из двух гусиных перьев и пробки. Описывать здесь нечего — все ясно из рис. 75.

Недоумение автора

Объяснение действия пульверизатора изложено выше по курсу физики Г. Лоренца, профессора Лейденского университета, одного из величайших физиков нашего времени.

Познакомившись с этим объяснением, я увидел как-то в магазине целую партию пульверизаторов, трубки которых не имели и намека на то сужение у конца, которое, согласно теории, необходимо для действия пульверизатора: они были ровны по всей длине.

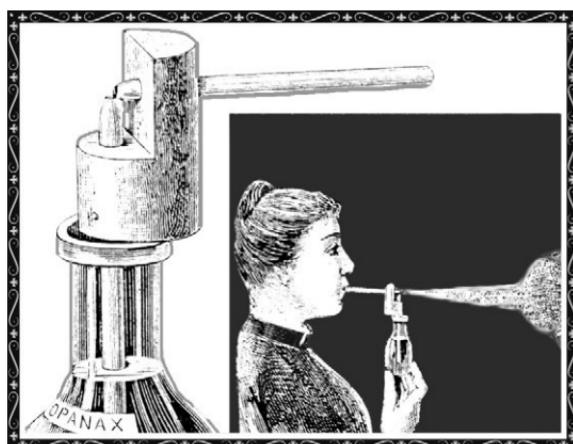


Рис. 75.
Самодельный пульверизатор из гусиных перьев.

— Вы продаете эти пульверизаторы? — спросил я продавца.

— Конечно.

— Но ведь они никуда не годятся!

И я объяснил продавцу, какой недостаток имеют эти пульверизаторы и почему они совершенно негодны к употреблению.

Вместо ответа продавец молча взял в рот раскритикованный мною пульверизатор и, погрузив другое колено в стакан с водой, извлек из него целое облако водяных брызг.

Я был поражен: предо мной вопиющее нарушение теории! Решив расследовать дело поближе, я приобрел один из посрамивших меня пульверизаторов и отправился домой, чтобы на досуге обдумать, где кроется ошибка в теории знаменитого физика. Ведь если трубка не имеет на конце сужения, то воздух, согласно теории, должен выходить из неё неразряженным, и, следовательно, воде нет никаких причин подниматься...

Прежде чем я успел дойти до дома, мои сомнения были разрешены. Ларчик открывался просто: наш собственный рот есть широкий резервуар, а вставленная в него трубка — сужение. Воздух, переходя изо рта в трубку пульверизатора, разрежается в ней и в таком разреженном состоянии выходит наружу. Сужение на конце трубы вовсе не необходимо для получения этого эффекта.

Как мы пьем?

Неужели и над этим можно задуматься? Конечно. Мы приставляем стакан или ложку с жидкостью ко рту и «втягиваем» в себя их содержимое. Вот это-то простое «втягивание» жидкости, к которому мы так привыкли, и надо объяснить. Почему, в самом деле, жидкость устремляется к нам в рот? Физическая причина такова: при питье мы расширением наших легких разрежаем воздух во рту; наружный воздух стремится уравновесить это уменьшение упругости; он проникает в наш рот и толкает перед собой жидкость. Здесь происходит то же

самое, что произошло бы с жидкостью в сообщающихся сосудах, если бы мы стали разрежать воздух над одним из этих сосудов: жидкость давлением атмосферы перешла бы в этот сосуд.

Итак, не совсем неправ будет тот, кто вздумает утверждать, что мы пьем легкими: ведь расширение легких — главная причина того, что жидкость сама устремляется в наш рот.

Отсюда следует также, что если бы воздух не обладал упругостью, мы не могли бы пить; по крайней мере, приемы питья должны были бы быть совершенно иные.



ГЛАВА VIII

Теплота

Когда Николаевская дорога длиннее — летом или зимой?

Один шутник на вопрос о длине Николаевской железной дороги ответил так:

— Летом 604 версты, а зимой — $603\frac{1}{2}$.

Этот странный ответ вовсе не так нелеп, как может показаться с первого взгляда. Если под длиной железной дороги разуметь длину сплошного рельсового пути, то, действительно, он у Николаевской дороги летом на $\frac{1}{2}$ версты длиннее, нежели зимой. Происходит это — как читатель, вероятно, уже догадался, — вследствие расширения тел при нагревании. Коэффициент расширения железа равен 0,000015; это значит, что каждая сажень железного бруса удлиняется на 0,000015 сажени при нагревании на 1° (Реомюра). В знойные дни температура часто доходит до 30°C , в морозы она нередко понижается до -25° . Это дает разницу в 55° . Умножьте теперь длину рельсового пути, 609 верст, на 0,000015 и на 55 — вы получите почти ровно полверсты:

$$609 \times 0,000015 \times 55 = 0,502425.$$

Разумеется, длина дороги при этом не меняется, изменяется лишь сумма длин всех рельсов. Читатель заметил, вероятно, что рельсы железнодорожного пути не примыкают одна к другой вплотную: между стыками двух соседних рельсов нарочно оставляются так называемые зазоры, чтобы дать

рельсам возможность свободно удлиняться при повышении температуры. Наше вычисление показывает, что зимой общая сумма длин всех рельсов уменьшается за счет длины этих пустых промежутков; убыль эта в морозы достигает $\frac{1}{2}$ версты, по сравнению с величиной её в знойные летние дни. Другими словами, же л е з на я часть дороги действительно зимой на полверсты короче, нежели летом.

Безнаказанная кража телефонной проволоки

Нам часто приходится слышать о краже телефонной проволоки на междугородных линиях, и полиция ведет против этих воров жестокую кампанию. Однако на линии Петербург—Москва каждый год пропадает около полуверсты телефонной проволоки,— и полиция не предпринимает против виновника кражи ровно никаких мер, хотя хорошо знает, кто он такой.

Впрочем, теперь и вы, читатель, знаете его: этот вор — мороз. Все, что мы выше говорили о рельсах, в той же мере применимо к телефонным и телеграфным проводам. Но здесь уже нет никаких пустых промежутков,— и потому мы без всяких оговорок можем утверждать, что т е л е ф о н н а я л и - н и я П е т е р б у р г — М о с к в а з и м о й н а п о л в е р с т ы короче, нежели летом! Мороз безнаказанно каждую зиму похищает полверсты телефонной проволоки,— не внося, впрочем, никакого расстройства в работу телефона.

Теплое тяжелее!

При помощи чрезвычайно простого приспособления можно сделать наглядным и видимым удлинение металлического, даже очень короткого, прута при нагревании. Возьмите прямой прут (например, от оконной шторы) и проткните им пробку, как показано на рис. 76. В пробку воткните две булавки: у вас получится как бы коромысло весов, если вы поместите прут так, чтобы булавки остриями опирались на донышко рюмки. Для уравновешения этого коромысла наденьте на концы его по пробке и втыкайте в них булавки до тех пор, пока прут не расположится горизонтально; само собою разумеется,

что сначала вы должны пробовать хотя бы приблизительно уравновесить его соответствующим перемещением средней пробки, — иначе вам придется, пожалуй, воткнуть в концевые пробки чересчур много булавок.

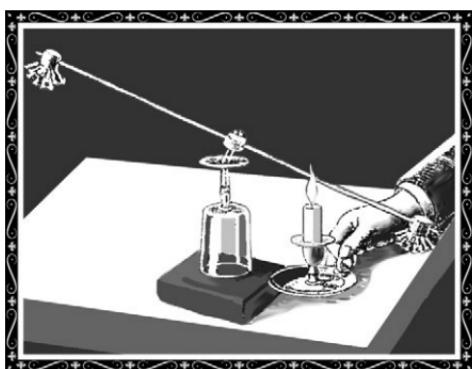


Рис. 76.

Нагретая половина перетягивает холодную.
нение, которое прямо для глаз неуловимо, становится заметным благодаря влиянию силы тяжести.

Качающаяся скала в Аргентине

Только что описанный опыт дает нам возможность до известной степени понять одну загадку природы: в окрестностях от Бахия-Бланки, морского порта Аргентины, на склоне гранитного холма лежит, опираясь всего в одной точке, огромная каменная глыба, имеющая три сажени в вышину. Основание скалы замечательно ровно, и вся она имеет довольно правильную форму.

Скала эта не остается неподвижной, а постоянно качается, как маятник, из стороны в сторону. Колебания её плавны и до того медленны, что, находясь вблизи, у самой скалы, их почти нельзя заметить непосредственно; но достаточно положить под скалу стеклянную бутылку невдалеке от точки опоры — и не пройдет и нескольких минут, как раздастся треск: бутылка лопнет от надавливающей на неё тяжелой скалы.

В чем следует искать причину таких самопроизвольных колебаний, продолжающихся, к тому же, без перерыва много веков — в точности неизвестно. По всей вероятности, эти

движения вызываются неравномерным нагреванием скалы солнечными лучами, — нагреванием, влекущим за собой неодинаковое расширение различных частей камня. Такое неравномерное расширение вызывает перемещение центра

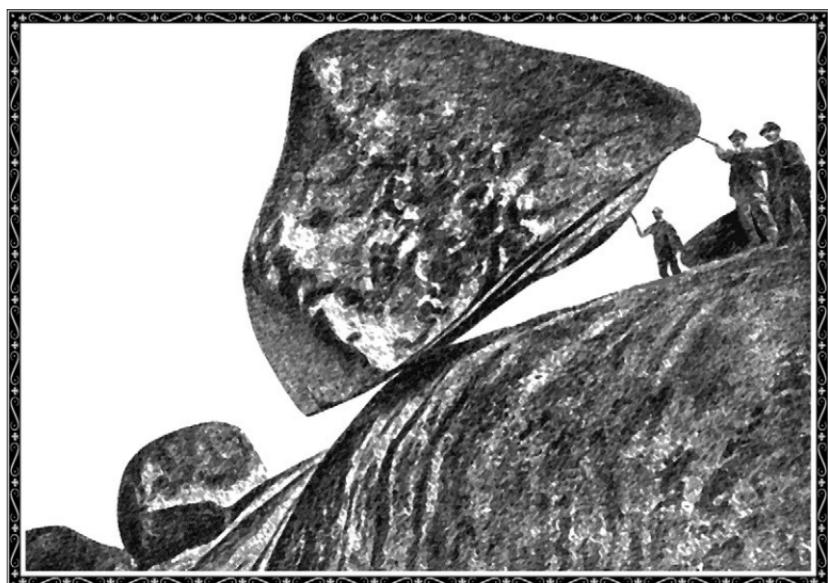


Рис. 77.
Качающаяся скала в Аргентине.

тяжести, и так как скала подперта только в одном пункте, то она, естественно, наклоняется в ту сторону, куда переместился центр тяжести; но лишь только равновесие успеет установиться, дальнейшее нагревание вызывает новое перемещение центра тяжести, — и скала опять начинает двигаться.

На лед или под лед?

Желая нагреть воду, мы помещаем сосуд на пламенем, а не сбоку его. Это вполне правильно, потому что воздух, нагреваемый пламенем со всех сторон, устремляется, как более легкий, кверху: здесь всегда протекает нагретый воздух; с боков же пламени он тотчас вытесняется холодным воздухом.

Итак, помещая нагреваемое тело над пламенем, мы используем его теплоту самым выгодным образом.

Но как следует поступать, если нужно охладить какое-либо тело с помощью льда? Хозяйки, по привычке, помещают тело над льдом, — ставят, например, бутылки с лимонадом на лед. Это совершенно неправильно: воздух над льдом, охладившись, опускается вниз и заменяется свежим теплым воздухом. Отсюда — полезный для всякой хозяйки вывод: если хотите остудить напиток или кушанье, помещайте его под лед, а не на лед.

Почему дует от закрытого окна?

Воздух нашей комнаты почти никогда не находится в покое; в ней существуют невидимые для глаза течения, обусловленные нагреванием и охлаждением воздуха. От нагревания

воздух, как известно, расширяется и, следовательно, становится легче; от охлаждения он, напротив, уплотняется и становится тяжелее. Легкий нагретый воздух возле лампы или печи стремится вверх, к потолку, а тяжелый охлажденный воздух возле окон или холодных стен стекает вниз, к полу. Вот почему зимой мы чувствуем, как «дует от окна», хотя рама настолько плотно закрыта, что наружный воздух не может через нее проникнуть.

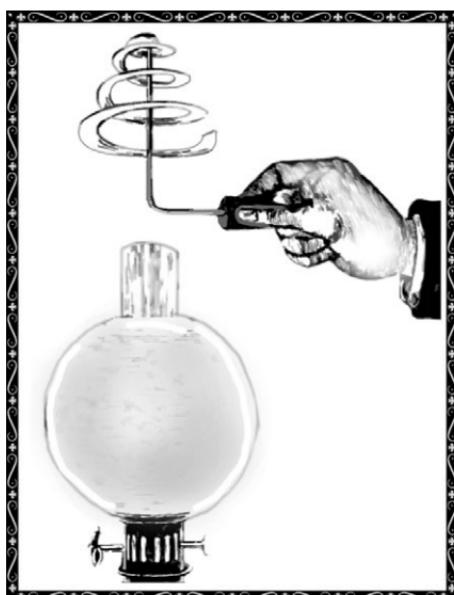


Рис. 78.

Как обнаружить воздушное течение над лампой.

Ученый спор за чайным столом

Профессор физики Икс пригласил в гости своего приятеля, профессора термодинамики Игрека. Супруга физика подала чай гостю и мужу. Икс размешал сахар, налил в стакан сливок и стал ждать, чтобы горячий чай остыл.

— Вы нерационально поступаете, дорогой коллега, — обратился к нему гость. — Я держусь правила сначала выждать, чтобы чай немного остыл, а затем окончательно остужаю его холодными сливками. Так гораздо скорее получается чай достаточно низкой температуры.

— Почему же скорее, коллега? Ведь и вам приходится дожидаться, чтобы чай остыл.

— Совершенно справедливо. Но позвольте вам напомнить о Ньютоновом законе охлаждения: «количество тепла, переходящее в единицу времени, пропорционально разности температур». Другими словами, горячее тело остывает быстрее, нежели тепловатое. Отсюда прямой расчет выжидать остывания чая, покуда он еще горяч, а не тогда, когда он уже немногого остыл: в один и тот же промежуток времени чай горячий остынет более, нежели чай тепловатый. Вот почему выгоднее раньше дать чаю остыть и лишь потом долить сливок, — а отнюдь не наоборот, как поступаете вы, дорогой коллега.

— К сожалению, не могу с вами вполне согласиться. Ваше указание на Ньютонов закон охлаждения совершенно правильно и уместно. Но вы упустили из виду одно простое следствие правила Рихмана. Вы, конечно, помните формулу, по которой определяется средняя температура смеси двух жидкостей одинаковой теплоемкости, но разных температур?

Профессор Икс вырвал листок из книжки и быстро начертал на ней формулу:

$$\Theta = \frac{MT + mt}{M + m}.$$

— Температура смеси Θ равна этой дроби, так? — продолжал профессор физики. — Под M и m разумеются количества жидкостей, а под T и t — их температуры.

— Понимаю, понимаю, дорогой коллега. Но о каком следствии из этой формулы вы говорите?

— А вот о каком. Если мы вычтем из первоначальной температуры более горячей жидкости окончательную температуру смеси, то разность $T - \Theta$ будет означать понижение температуры. Ведь так?

— Конечно. Вместо Θ можно подставить соответствующее выражение из формулы, и мы получим...

— Получим: $T - \frac{MT + mt}{M + m}$, или, приводя к одному знаменателю, $\frac{MT + mT - MT - mt}{M + m}$, или, наконец, $\frac{mT - mt}{M + m}$, что, впрочем, можно представить в виде $\frac{m(T - t)}{M + m}$. Вот на какую величину понизится температура горячей жидкости, если к ней прилить холодной. Вы видите, коллега, что это понижение тем более, чем больше T , т. е. чем выше температура горячей жидкости. Если применить этот вывод к нашему случаю, то ясно, что, приливая холодных сливок к чаю, мы понизим его температуру тем сильнее, чем она была выше. Вот почему я остаюсь при своем мнении: надо раньше прилить сливок, а потом ждать остывания, а не наоборот, как рекомендуете вы, коллега. Ради простоты я считаю теплоемкости сливок и воды одинаковыми.

— Ваше замечание, дорогой коллега, о следствии из правила Рихмана очень остроумно и убедительно. Но окончательный ваш вывод все же нельзя признать вполне приемлемым. Оба способа охлаждения чая — как метод предварительного, так и метод последующего доливания сливок, — имеют свои выгоды и свои недостатки. За ваш метод говорит правило Рихмана, за мой — закон Ньютона. У меня первая стадия остуживания протекает быстрее, нежели вторая, у вас, напротив, более энергичное охлаждение происходит сначала. Одними рассуждениями, без вычислений, нельзя определить, каким приемом достигается более быстрое охлаждение.

— Прекрасно, коллега! Кто же мешает нам произвести это вычисление? Давайте же вычислять. В стакане, скажем,

15 куб. дюймов горячего чаю — ведь так, приблизительно? Температура чая, когда Марья Павловна его налила, была, допустим, 80° Цельсия. Значит, наше $Mt = 15 \times 80 = 1200$. Я приливаю 1 куб. дюйм сливок комнатной температуры, т. е. 20° . Получаем $mt = 20$. Подставляя эти величины в формулу и принимая во внимание, что $M + m = 16$, имеем окончательную температуру смеси $= \frac{1220}{16} = 76\frac{1}{4}$ градусов. Такого чая пить, естественно, нельзя, прежде чем он не остынет до 50° градусов, т. е. не охладится на $26\frac{1}{4}$ градусов.

— Теперь позвольте, коллега, продолжать выкладки мне. Итак, вам приходится ждать некоторое время, — например пять минут, чтобы чай со сливками остыл на $26\frac{1}{4}$ градусов. Мне также приходится ждать, но в те же пять минут мой горячий 80 -градусный чай остынет более, чем ваш 76 -градусный. По закону Ньютона, количество переходящего тепла пропорционально разности температур. Разность между температурой вашего чая и окружающей комнатной, которую я принимаю в 20° , равна $76^{\circ} - 20^{\circ} = 56^{\circ}$; разность же между температурой моего чая и комнатной: $80^{\circ} - 20^{\circ} = 60^{\circ}$. Значит, в те же пять минут мой чай потеряет не $26\frac{1}{4}$ калорий, а больше в отношении $60:56$. Другими словами, он охладится на $\frac{26 \times 60}{56}$, т. е. почти ровно на 28 градусов. Итак, дорогой коллега, после пятиминутного ожидания я получаю чай температурой в $80 - 28 = 52$ градуса.

— Совершенно верно. Теперь вы приливате к этим 15 куб. дюймам 52 -градусного чая 1 куб. дюйм 20 -градусных сливок. Окончательная температура смеси у вас получается:

$\frac{52 \times 15 + 20}{16} = \frac{800}{16} = 50$ градусов... Что это? Оказывается, коллега, что в результате вашего приема получается чай совершенно той же температуры, как и у меня! Вот любопытный результат! Марья Павловна, понимаешь, какая история: мы с коллегой спорили, каким приемом всего выгоднее остыть чай, и оказывается...

— Да уж чего проще, господа? Стоит только завести горячий спор! Я тебе с Кириллом Никитичем налью другой чай: ведь ваш совсем простыл.

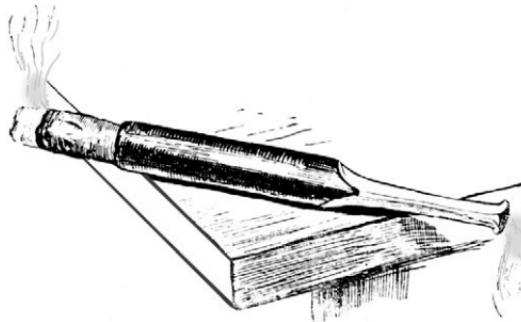
— Но заметь, простил совершенно одинаково, несмотря на различие приемов!

Поучительная сигара

На краю стола лежит сигара, воткнутая в мундштук. Она курится с обоих концов, — но разрешите задачу: почему дым,

выходящий через мундштук, опускается вниз, между тем как с другого конца он восходит вверх? Казалось бы, с той и с другой стороны выделяется один и тот же дым.

Да, дым один и тот же, но над тлеющим концом сигары



находится восходящее течение воздуха, которое и увлекает с собой частицы дыма. Воздух же, проходящий вместе с дымом через мундштук, успевает охладиться и не стремится уже вверх; а так как частицы дыма сами по себе тяжелее воздуха, то они и опускаются вниз.

Греет ли шуба?

Один господин, имевший привычку отрицать самые очевидные вещи, утверждал, что шуба, вопреки общему убеждению, вовсе не греет. Он доказывал свое мнение рядом опытов — а что может быть убедительнее опыта?

Вот один из них. Возьмите термометр, — говорил он, — заметьте, сколько градусов он показывает, и закутайте его хорошоенько в самую теплую шубу. Через несколько часов выньте термометр: вы убедитесь, что он не нагрелся даже и на $\frac{1}{4}$ градуса! Сколько показывал он раньше, столько показывает и теперь. Ясно, что шубы нисколько не греют, и что общая уверенность в спасительное действие их — просто предрассудок.

Рис. 79.
Задача о сигарном дыме.

Правда, в шубе мы чувствуем себя теплее — но это лишь обман чувств, и опыт с термометром — который, конечно, никому обману чувств поддаться не может, — воочию убеждает нас, насколько мы заблуждаемся...

Мало того, — продолжал разоблачитель, — шубы не только не греют, они даже прямо холодят! В этом также легко убедиться опытом. Возьмите два пузыря со льдом; один закутайте в шубу, другой просто оставьте в комнате. Когда лед в этом пузыре растает, разверните шубу: вы увидите, что здесь он почти еще и не начал таять. Ясно, что шуба не только не согрела льда, но даже все время холодила его, мешая ему таять.

Рядом подобных, казалось бы, неопровергимых доказательству этот господин доказывал полную несостоятельность всеобщей веры в шубы.

Что можно возразить ему на это, чем опровергнуть его доказательства?

Да ничем. Он прав: шубы действительно не греют, — если под словом «греть» разуметь сообщение теплоты. Лампа греет, печка греет, человеческое тело греет, — но шуба, в этом смысле слова, нисколько не греет. Она только мешает теплоте нашего тела уходить из него. Вот почему всякое живое существо, тело которого само является источником тепла, будет себя чувствовать в шубе теплее, чем без неё. Но термометр собственного тепла не выделяет, — и его температура не изменится оттого, что мы закутаем его в шубу. Лед, закутанный в шубу, дольше сохраняет свою низкую температуру, так как шуба замедляет доступ к нему внешнего тепла.

Итак, на вопрос, греет ли нас шуба, надо ответить, что шуба только помогает нам самим греть себя. Правильнее поэтому говорить, что мы греем шубы, а не они греют нас.

Какое время года у нас под ногами?

Когда на поверхности земли лето, то какое время года в земле, на глубине, например, пяти аршин?

Вы думаете, что и там лето? Ничуть не бывало! Времена года на поверхности земли и в почве вовсе не идут параллельно, как мы привыкли думать. Почва — чрезвычайно дурной проводник теплоты; поэтому все колебания температуры, происходящие на поверхности земли, распространяются вглубь почвы очень медленно и достигают разных слоев её с большим опозданием. Непосредственные измерения в Павловске (Петербургской губернии) показали, что на глубину трех метров ($4\frac{1}{4}$ аршин) годичный максимум температуры приходит с опозданием в 76 дней, а годичный минимум — с опозданием в 108 дней. Это значит, что если самый жаркий день у нас был, скажем, 25 июля, то на глубине $4\frac{1}{4}$ аршин он наступит лишь 1 сентября; если самый холодный день был 15 января, то на глубине $4\frac{1}{4}$ аршин он наступит 3 мая! Для еще более глубоких слоев почвы запоздания будут еще значительнее, — но надо иметь в виду, что с углублением в почву температурные колебания все ослабляются, а на известной глубине затухают совершенно: здесь всегда царит одна и та же постоянная температура.

Итак, в том слое почвы, который мы попираем ногами, никогда не бывает то же самое время года, какое стоит на его поверхности. Когда у нас зима, на глубине 5 аршин еще осень, а когда у нас лето, — туда достигают отголоски наших зимних морозов.

Это важное обстоятельство необходимо иметь в виду всякий раз, когда заходит речь об условиях жизни подземных животных (например, личинки майского жука) и подземных частей растений. Ботаники часто забывают об этом и удивляются, например, тому, что камбий* в корнях наших деревьев деятелен именно в холодную половину года и замирает почти на весь теплый сезон, — как раз наоборот, чем в стволе. Чита-

* Камбий (от лат. *cambium* — обмен, смена), образовательная ткань в стеблях и корнях преимущественно двудольных и голосеменных растений, дающая начало вторичным проводящим тканям и обеспечивающая рост их в толщину. Сезонные изменения активности камбия обусловливают образование годичных колец древесины. — Прим. изд.

тель понимает теперь, что это не так уж загадочно, как представляется с первого взгляда.

Как сварить яйцо в бумаге?

Секрет сразу разгадывается, если вы взглянете на рис. 80: яйцо варят в воде, налитой в бумажный колпак. Но ведь бумага загорится, и вода зальет лампу! Нисколько. Попробуйте сделать опыт, и вы убедитесь, что бумага нисколько не пострадает от огня. Причина кроется в том, что вода поглощает

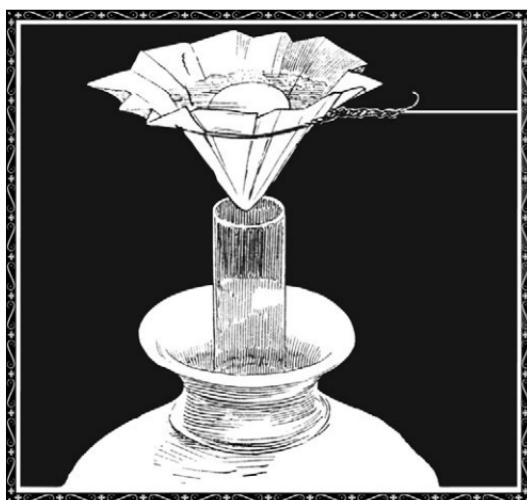


Рис. 80.
Варка яйца на лампе.

всю теплоту бумаги и не дает ей нагреться настолько, чтобы она могла загореться.

Мало того: вы не только можете довести воду в бумажном колпаке до кипения, но даже расплавить металлы в такой непрочной бумажной посуде. Наш рис. 81 изображает плавление свинцовой пломбы в коробочке, сделанной из игральной карты. Весь секрет этого искусства в том, чтобы нагревать именно те места бумаги, которые непосредственно соприкасаются со свинцом: металл быстро отнимает от бумаги тепло, не давая ей сильно нагреться. Опыт кажется невероятным: с

одной стороны пламя, с другой — расплавленный металл, а бумага даже не обугливается!



Рис. 81.
Как расплавить свинец на игральной карте.

В сущности, в этом нет ничего для нас нового. Здесь действует та же самая причина, в силу которой металлические предметы при обычных условиях кажутся нам холоднее, чем деревянные, хотя и те и другие находятся в одной и той же комнате: металл хорошо проводит тепло и быстро охлаждает поверхность нашей руки.

Несгораемая кисея

К той же категории опытов принадлежит и следующий. Берут какую-нибудь полированную металлическую вещь и плотно обтягивают ее куском тонкой материи, — полотна или кисеи. Теперь вы можете смело положить на такую кисею горячие уголья: она не загорится и вообще останется неповрежденной, даже если вы будете усиленно раздувать уголья.

После всего сказанного выше читатель, конечно, не затруднится объяснить этот эффектный опыт. Непонятно разве лишь то, почему необходимо делать опыт неизменно с полированной вещью. Но и это станет ясным, если вы вспомните, что гладкие металлические вещи кажутся в комнате заметно холоднее шероховатых: в данном случае наша кожа (а в опыте — кисея) соприкасается с металлом в большем числе точек.



Рис. 82.
Почему кисея не загорается?

Лед, не тающий в кипятке

Возьмите обыкновенную пробирку, наполните водой, погрузите в нее кусочек льда, а чтобы он не всплывал наверх (лед легче воды), придайте его кусочком свинца, медной монетой и т. п.; при этом, однако, вода должна иметь свободный доступ ко льду. Теперь приблизьте пробирку к спиртовой лампочке так, чтобы пламя касалось лишь верхней части пробирки (см. рис. 83). Вскоре вода начнет кипеть, отделяя клубы пара, — но лед на дне пробирки долго еще не будет таять. Таким образом, мы имеем перед

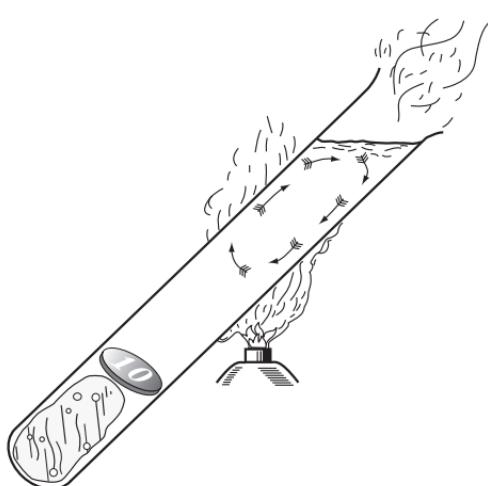


Рис. 83.
Лед на дне такой пробирки не тает.

собой настоящий парадокс природы: лед, не тающий в кипящей воде!

Объяснение этого парадокса кроется в том, что вода на дне пробирки остается холодной, несмотря на то, что вверху вода кипит. Расширяясь от тепла, вода становится легче и не опускается на дно, а остается в верхней части пробирки. Течения теплой воды будут ограничиваться лишь верхней частью пробирки, не захватывая нижних, более плотных слоев. Вниз нагревание может передаваться лишь теплопроводностью, — но теплопроводность воды очень мала.

Можно ли вскипятить воду кипятком?

Возьмите небольшую бутылку, баночку или пузырек, налейте в него воды и поместите в стоящую на огне кастрюлю с чистой водой — так, чтобы он не касалась дна кастрюли; вам придется подвесить этот пузырек на проволочной или нитяной петле. Скоро вода в кастрюле закипит, — и, казалось бы, вслед за тем должна закипеть и вода в пузырьке. Однако можете ждать, сколько вам угодно — вы этого не дождитесь: вода в пузырьке будет горяча, очень горяча, но кипеть все-таки не будет.

Результат как будто неожиданный, а между тем его легко можно было предвидеть. В самом деле: чистая вода кипит при 100° Цельсия, и выше этой точки её температура, при обычных условиях, не поднимается, сколько бы ее ни кипятить. Значит, источник теплоты для воды в пузырьке в данном случае имеет температуру 100° ; поэтому он может довести воду в пузырьке также до 100° , — но не может доставить ей того избытка теплоты, который необходим для перехода её в пар при этой температуре (540 калорий на каждый грамм). Вот почему вода в пузырьке нагревается, но не кипит.

При этом, естественно, возникает вопрос: чем же отличается вода в пузырьке от воды в кастрюле? Ведь это та же вода, только отделенная от остальной массы стеклянной перегородкой; почему же с ней не происходит того же, что и с остальной водой?

Потому именно, что она отделена от остальной массы. Пегородка мешает воде пузырька участвовать в общих течениях, которые перемешивают всю массу воды кастрюли. Каждая частица воды в кастрюле может непосредственно коснуться накаленного дна её, частицы же воды в пузырьке лишены этого преимущества.

Итак, чистым кипятком вскипятить воду нельзя. Но если в кастрюлю всыпать горсть соли, картина изменится: соленая вода кипит уже не при 100° , а немного выше, — и, следовательно, может в свою очередь довести до кипения чистую воду в стеклянном пузырьке.

Можно ли вскипятить воду снегом?

«Если уж крутой кипяток оказался для этой цели непригоден, то о снеге и речи быть не может», — скажет, вероятно, читатель. Не торопитесь с ответом, а лучше проделайте опыт с тем самым стеклянным пузырьком, который вы только что употребляли.

Налейте в него воды на $\frac{3}{4}$ и погрузите в кипящую соленую воду. Когда вода в пузырьке закипит, выньте его из кастрюли и быстро закупорьте заранее приготовленной плотной пробкой. Теперь переверните пузырек и ждите, пока кипение внутри его прекратится. Выждав этот момент, облейте пузырек кипятком — вода не закипит. Но положите на его донышко немножко снегу, — и вы увидите, что вода сразу бурно закипит! Снег сделал то, чего не мог сделать кипяток!

Явление это тем более загадочно, что пузырек на ощупь нисколько не горяч,



Рис. 84.
Как дуновением вскипятить воду.

разве лишь чуть тёпл. А между тем вода в нем кипит: вы видите кипение собственными глазами...

Разгадка кроется в том, что снег охладил стенки пузырька, вследствие чего пар внутри сгустился в водяные капли. А так как весь воздух из стеклянного пузырька был выгнан еще при кипячении, то теперь вода в нем испытывает гораздо меньшее давление. Из физики же известно, что с уменьшением давления на поверхность жидкости она кипит при температуре более низкой, чем точка кипения. Мы имеем, следовательно, в нашем пузырьке хотя и кипяток, но кипяток не горячий, — если можно так выразиться.



Рис. 85.

Как раздавить бутылку посредством охлаждения.

Вместо снега мы могли употребить холодную воду или даже просто могли дуть на пузырек через соломинку: дуновение, охладив стенки пузырька, вызвало бы сгущение паров и, как следствие этого — кипение. Рис. 84 изображает это любопытное кипячение воды простым дуновением.

Заметим тут же, что если бы пузырек был налит водой не на $\frac{3}{4}$, а гораздо меньше, то внезапное сгущение паров внутри него могло бы вызвать настоящий взрыв: давление внешнего воздуха, не находя себе противодавления изнутри пузырька, раздавило бы его (видите, между прочим, что слово «взрыв» здесь неуместно). Такой опыт лучше производить с тонкостенной бутылкой в том виде, как показано на рисунке, — но при этом надо прикрывать ее салфеткой, чтобы разлетающиеся осколки вас не поранили.

Для чего Марк Твен варил суп из барометра?

В книге «Странствования за границей» известный американский юморист Марк Твен так рассказывает об одном эпизоде своего альпийского путешествия, — эпизоде, разумеется, вымыщенном:

«Неприятности наши кончились; поэтому люди могли отдохнуть, а у меня, наконец, явилась возможность обратить внимание на научную сторону экспедиции. Прежде всего я хотел определить посредством барометра высоту места, где мы находились, — но, к сожалению, не получил никаких результатов. Из моих научных чтений я узнал, что не то термометр, не то барометр следует кипятить для точности показаний. Который именно из двух — я не знал наверное, и потому решил прокипятить оба. И все-таки не получил никаких результатов. Осмотрев оба инструмента, я увидел, что они испорчены — у барометра была только одна медная стрелка, а в шарике термометра болтался комок ртути.

Я отыскал другой барометр; он был совершенно новый и очень хороший. Полчаса кипятил я его в горшке с бобовой похлебкой, которую варила повар. Результат получился неожиданный: инструмент совершенно перестал действовать, но суп приобрел такой сильный привкус барометра, что главный повар — человек очень умный — изменил его название в списке кушаний. Новое блюдо заслужило всеобщее одобрение, так что я приказал готовить каждый день суп из барометра. Конечно, барометр был совершенно испорчен, но я не особенно жалел о нем. Раз он не помог мне определить высоту местности, значит, он больше мне не нужен».

Однако что же в самом деле следовало «кипятить» — термометр или барометр?

Термометр, — и вот почему. Из предыдущего опыта мы видели, что чем меньше давление на поверхность воды, тем



Рис. 86.
Кулинарно-научные опыты Марка Твена.

при более низкой температуре она кипит. Так как с поднятием на горы атмосферное давление уменьшается, то вместе с тем должна понижаться и температура кипения воды. Значит, если мы измерим температуру, при которой кипит вода (по выражению Твена, — «будем кипятить термометр»), то, с величиною соответствующей табличной, можем узнать высоту места. Для этого необходимо иметь в распоряжении заранее составленные, на основании ряда опытов, таблицы, — о чём Марк Твен будто бы забыл.

Разумеется, и барометр может служить для определения высоты места, так как он прямо, без всякого «кипячения» показывает давление атмосферы; но и тут необходимы таблицы, показывающие, как уменьшается давление воздуха по мере поднятия над уровнем моря. Все это будто бы смешалось в голове американского юмориста и заставило его «готовить суп из барометра».

Почему вода тушит огонь?

На этот простой вопрос не всегда умеют толково ответить даже люди, проходившие курс физики, — и читатель, надеемся, не посетует на нас, если мы объясним здесь вкратце механизм действия воды на огонь.

Во-первых, прикасаясь к горящему телу, вода превращается в пар, отнимая при этом много теплоты у горящего тела (чтобы превратить кругой кипяток в пар, нужно в шестеро больше теплоты, чем для нагревания того же количества холодной воды до 100 градусов*). Во-вторых, пары, образующиеся при этом, занимают объем в сотни раз больший, чем породившая их вода; окружая горящее тело, пары вытесняют воздух, а без воздуха, как известно, горение невозможно. Отсюда понятно, между прочим, что нельзя тушить водой те горящие жидкости, которые легче неё, — например, кerosин, нефть, жир, масло; это обыкновенно приносит даже вред, так как вода, погружаясь в горящую жидкость, быстро превращается там в пар, а затем, стремительно поднимаясь вверх, разбрыз-

* Скрытая теплота кипения воды = 540 калориям.

гивает горящую жидкость во все стороны, содействуя распространению пожара. В таких случаях надо употреблять песок, глину, землю, забрасывать огонь рогожами, одеялами и т. п. Чтобы усилить огнегасительную силу воды, часто примешивают к ней... порох! Это может показаться несообразным — и, однако, вполнеrationально: порох быстро сгорает, выделяя большое количество негорючих газов, которые, оттесняя окружающий тело воздух, затрудняют горение.

Какой лед более скользок — гладкий или шероховатый?

Казалось бы, ответ ясен: на гладконатертом полу легче поскользнуться, нежели на обыкновенном — значит, то же будет и на льду.

Но это неверно. Скользкость льда зависит вовсе не от гладкости, а от совершенно особой причины, которая составляет его исключительную особенность среди всех тел природы. Эта особенность — понижение температуры плавления при усилении давления и близость точки плавления к обычным температурам воздуха.

Разберем, что происходит, когда мы катаемся на коньках. Стоя на коньках, мы опираемся на очень маленькую площадь — всего в несколько квадратных сантиметров. И на эту небольшую площадь давит весь вес нашего тела. Если вы вспомните, что говорилось на стр. 18-й, вы поймете, что конькобежец оказывает на лед огромное давление. Под действием же давления лед тает при более низкой температуре; если, например, лед имеет температуру — 5°, а давление коньков достаточно понизило точку плавления льда, лежащего под коньками, то эти части льда будут таять. Что же получается? Теперь между полозьями коньков и льдом находится тонкий слой воды, — неудивительно, что конькобежец скользит. А как только он переместит ноги в другое место, там произойдет то же самое. Всюду под ногами конькобежца лед превращается в тонкий слой воды, так что, строго говоря, он скользит не по льду, а по воде. В большие морозы, когда температура льда

настолько понижается, что даже усиленное давление недостаточно, чтобы заставить его таять, — тогда и кататься на коньках бывает трудно. Это знает всякий конькобежец. Знаменитый полярный путешественник Нансен рассказывает, что в Гренландии лед совсем не скользок; оно и вполне понятно, если вспомнить, какие морозы стоят в этой забытой Богом земле.

Теперь мы можем вернуться к тому вопросу, который поставлен в заголовке. Мы знаем, что один и тот же груз давит тем сильнее, чем на меньшую площадь он опирается. В каком же случае человек оказывает на опору большее давление — когда он стоит на зеркально-гладком или шероховатом льду?

Ясно, что во втором случае: ведь здесь он опирается лишь на немногие выступы, бугорки. А чем больше давление на лед, тем быстрее его плавление и, следовательно, тем он более скользок.



ГЛАВА IX

Распространение света

Какую пользу можно извлечь из своей тени?

Говорят, наша тень — бесполезнейшая вещь в мире. Какую, в самом деле, пользу можем мы извлечь из нашей тени, которую, к тому же, и поймать нельзя?

Однако наши праотцы умели ловить свои тени и извлекать из них некоторую пользу.



Рис. 87.

Как наши праотцы рисовали силуэты. (Со старинной гравюры.)

Мы говорим о рисовании с и л у э т о в, — теневых изображениях профиля.

В наш век, благодаря фотографии, всякий имеет возможность получить свой портрет или запечатлеть черты дорогих



Рис. 88.
Шиллер.



Рис. 89.
Наследник Цесаревич Павел Петрович.

ему людей. Наши праотцы в XVIII веке не были так счастливы: портреты, заказываемые художникам, стоили больших денег и были доступны лишь немногим. Но у них зато весьма распространены были силуэты; до известной степени они заменяли им наши современный фотографии. Это — как бы пойманные и закрепленные тени. Силуэты получались механическим путем, и в этом отношении они напоминают столь противоположную им светопись. Мы пользуемся светом, предки наши пользовались, напротив, тенью.

Как именно производилось зарисовывание силуэтов, видно из прилагаемого рис. 87. Тот, с которого делался силуэт, садился между свечёй (для усиления яркости поставленной перед зеркалом) и натянутой на раму прозрачной бумагой.



Рис. 90.
Император Вильгельм II.



Рис. 91.
Станислав Понятовский.



Рис. 92.
Вольфганг Гете.

Голова поворачивалась так, чтобы тень давала характерный, выразительный профиль, — и тогда её очертания обводились карандашом. Затем контур заливался тушью и наклеивался на белую бумагу: силуэт готов. При желании, его уменьшали с помощью пантографа.

Вы легко можете сами, не будучи вовсе хорошим рисовальщиком, приготовить силуэты ваших знакомых. Для этого ничего не надо, кроме терпения и любви к делу. Не думайте,

что простой черный абрис не может дать представления о характерных чертах оригинала. Напротив, удачно изготовленный силуэт отличается иногда поразительным сходством с оригиналом.

Эта особенность теневых изображений — при простоте контуров давать сходство с оригиналом — заинтересовало некоторых художников, которые стали рисовать в таком роде целые сцены, ландшафты и т. п. В

парижских салонах середины XVIII века рисование силуэтов стало модным занятием, увлекшим все аристократическое общество.

Оттуда мода на силуэты перешла сначала в Берлин, а потом и к нам, в Петербург; еще до сей поры сохранились два альбома с 200 черными профилями знатнейших особ двора Екатерины Великой. Вообще, силуэт, как и все в мире, имеет свою историю, которой мы здесь касаться не станем. Скажем только, что рисование силуэтов превратилось мало-помалу в особое искусство, создало целую школу худож-



Рис. 93.

Великий Князь Александр Павлович.



Рис. 94.

Императрица Екатерина Вторая.

ников; таковы, например, у нас в России Елизавета Бем, а за границей — немецкий художник Коневка.

Как измерить силу света с помощью тени?

Как ни странно, но для измерения силы света можно пользоваться тенью, — т. е. тем, что противоположно свету. Впрочем, здесь имеют дело с освещенною, а не абсолютную тенью. Освещенная тень... Опять как будто соединение противоположностей! Казалось бы, если тень освещена, то это уже не тень. Однако мы в действительности гораздо чаще имеем дело именно с такими о с в е щ е н н ы м и тенями. Здесь нет никакого противоречия: тень только менее освещена, чем окружающее ее пространство, и этого достаточно, чтобы она казалась нам тенью.

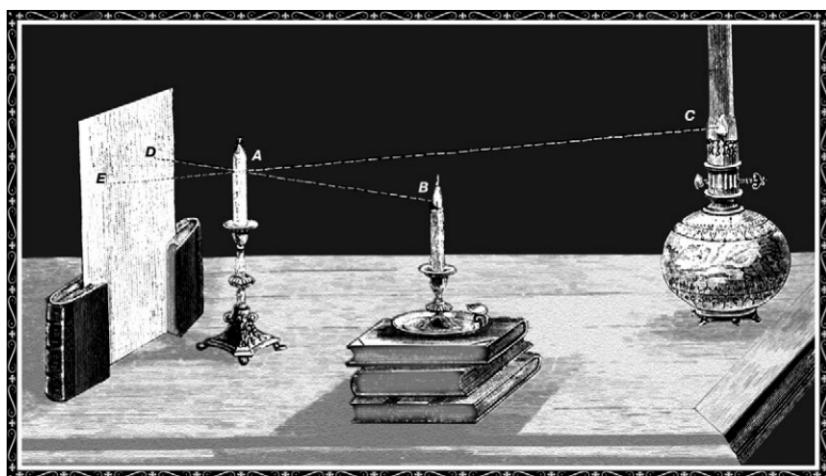


Рис. 95.
При помощи тени можно измерить силу света.

Итак, пусть требуется узнать, во сколько раз ваша рабочая лампа ярче обыкновенной свечи. Чтобы произвести сравнение, вы располагаете оба источника света перед экраном так, как показано на рис. 95. У экрана ставите незажженную свечу или какой-нибудь другой предмет, который и бросает на поверхность экрана две тени. Одна будет освещена светом лам-

пы, другая — светом зажженной свечи. Лампу вы отодвигаете подальше, до тех пор, пока обе тени достигнут одинаковой густоты, другими словами — будут одинаково освещены. Если лампа при этом вчетверо дальше от экрана, нежели свеча (зажженная), то это значит, что свет её ярче свечи в $4 \times 4 = 16$ раз (свет убывает обратно пропорционально квадрату расстояния).

Когда черный бархат светлее снега?

Не думайте, что у вас есть возможность непосредственно, без всяких приспособлений, сравнивать силу света разных источников. Полагаться на непосредственное впечатление в этом отношении нельзя. Знаете ли вы, что белый снег в светлую лунную ночь темнее черного бархата, освещенного солнцем? Это кажется невероятным, а между тем, таковы результаты точных измерений при помощи фотометров.

Вообще, мы не имеем вполне правильного представления о силе солнечного света. Мы, например, и не подозреваем, что днем в так называемых темных углах комнаты нередко бывает все-таки светлее, чем в светлых частях той же комнаты вечером при лампе.

Цыпленок в яйце

Свойствами теней вы можете воспользоваться, чтобы показать товарищам интересную шутку. Из промасленной бумаги устройте экран; для этого достаточно затянуть такой бумагой квадратный вырез в листе картона. Позади экрана поместите две лампы; зрители будут сидеть впереди него, по другую сторону. Одну лампу, например левую, зажгите.

Между зажженной лампой и экраном поставьте на проволоке овальный кусок картона, и тогда на экране появится, конечно, силуэт яйца. (Правая лампа пока не зажжена.) Теперь вы заявляете гостям, что приведете в действие «рентгеновский аппарат», который обнаружит внутри яйца... цыпленка! И действительно, через мгновение гости видят, как силуэт

яйца словно светлеет по краям, а в середине его довольно отчетливо вырисовывается силуэт цыпленка (рис. 96).

Разгадка фокуса проста: вы зажигаете правую лампу, на пути лучей которой помещен картонный контур цыпленка. Часть овальной тени, на которую накладывается тень от «цыпленка», освещена правой лампой, поэтому края «яйца» светлее внутренней части. Зрители же, сидящие по ту сторону экрана и ничего не подозревающие о ваших действиях, могут, пожалуй, — если они несведущи в физике и анатомии, — вообразить, что вы в самом деле пропустили через куриное яйцо рентгеновские лучи.

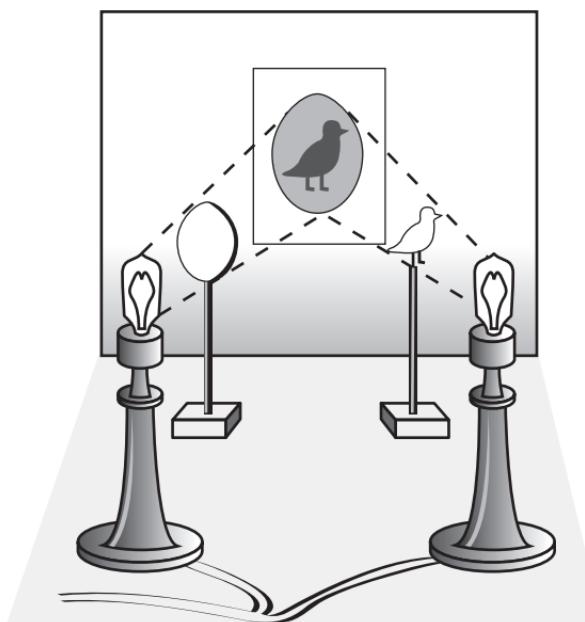


Рис. 96.
Мнимый рентгеновский снимок.

Карикатурные фотографии

Многие не знают, что фотографический аппарат можно устроить и без увеличительного стекла (объектива), пользуясь просто маленьким круглым отверстием. Изображения получаются при этом менее яркие. Любопытное видоизменение такой камеры без объектива представляет «щелевая» камера, в которой вместо дырочки имеются две пересекающиеся щели. В передней части камеры помещаются две дощечки; в одной

сделана вертикальная щель, в другой – горизонтальная. Если две дощечки прилегают друг к другу вплотную, изображение получается такое же, как и у камеры с дырочкой, т. е. неискаженное. Совсем иное наблюдается, если дощечки находятся на некотором расстоянии одна от другой (их нарочно делают подвижными); тогда изображение курьезным образом искажается (рис. 97 и 98). Получается скорее карикатура, нежели фотография.



Рис. 97.

Фотография-карикатура, полученная с помощью щелевой камеры. Изображение растянуто горизонтально.

вертикальных линий фигуры D (креста) пройдут как через простое отверстие; задняя щель нисколько не изменит хода этих лучей. Следовательно, изображение вертикальной линии получится на матовом стекле A в том масштабе, который отвечает расстоянию стекла A от стенки C .

Иначе изобразится на стекле горизонтальная линия при том же расположении щелей. Через первую (горизонтальную) щель лучи пройдут беспрепятственно, не перекрециваясь, пока не достигнут вертикальной щели B ; через эту щель лучи пройдут как через дырочку и дадут на матовом

Чем же объясняется такое искажение? Рассмотрим случай, когда горизонтальная щель находится впереди вертикальной (рис. 99). Через первую щель C

лучи от

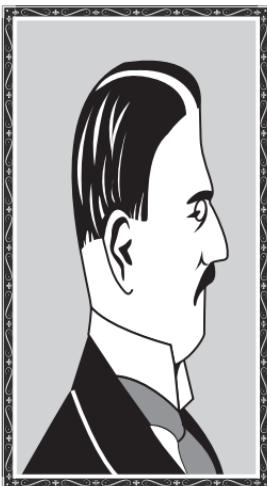


Рис. 98.

Карикатурная фотография, вытянутая вертикально (получена щелевой камерой).

стекле *A* изображение в том масштабе, который отвечает расстоянию *A* от второй перегородки *B*.

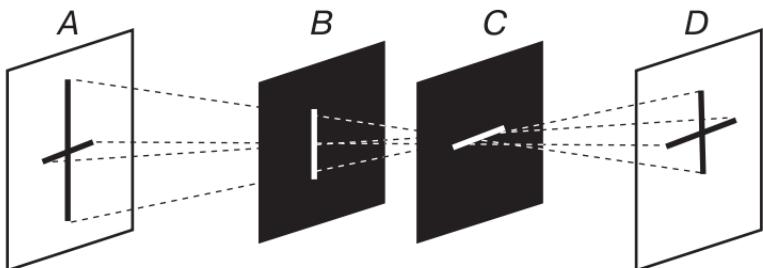


Рис. 99.

Почему щелевая камера дает искаженные изображения.

Короче говоря, для вертикальных линий, при данном расположении щелей, как бы существует одна только передняя щель; для горизонтальных, напротив, — одна только задняя. А так как передняя щель дальше от матового стекла, нежели задняя, то все вертикальные протяжения должны получиться на стекле *A* в большем масштабе, нежели горизонтальные: изображение будет как бы вытянуто по вертикальному направлению.

Наоборот, при обратном расположении щелей должны получиться изображения, вытянутые в горизонтальном направлении (ср. рис. 97 и 98).

Понятно, что при косом размещении щелей будут получаться искажения соответственно иного рода.

Такой камерой можно пользоваться для получения не одних лишь карикатур. Она пригодна и для более серьезных практических целей, например для того, чтобы приготовить варианты архитектурных украшений, узоров для ковров, обоев и т. п., вообще получать орнаменты и узоры, по желанию растянутые или сжатые в определенном направлении.

Задача о солнечном восходе

Некто наблюдал восход солнца ровно в 7 часов. В котором часу наблюдал бы он тот же восход, если бы свет распространялся мгновенно?

Зная, что свет проходит от Солнца до Земли в 8 минут, отвечают обыкновенно, что наблюдатель при мгновенном распространении света увидел бы восход Солнца на 8 минут ранее — т. е. в 6 часов 52 минуты.

Однако такое решение неверно: расстояние от Солнца до Земли и скорость света тут совершенно не при чем.

Восход Солнца над горизонтом происходит не вследствие действительного движения Солнца, а вследствие вращения земного шара, который повертыает в ужे о с в е щ е н о е п р о с т р а н с т в о разные точки своей поверхности. Поэтому наблюдатель и при мгновенном распространении света заметил бы восход Солнца в тот же самый физический момент, что и при немгновенном распространении света, — т. е. ровно в 7 часов.

Если же принять во внимание так называемую атмосферическую рефракцию, то дело изменится. Рефракция искривляет путь лучей в воздухе и тем самым позволяет нам видеть восход Солнца ранее его появления над геометрическим горизонтом.

При мгновенном распространении света рефракции не будет — так как преломление обусловливается различием скоростей света в разных средах. Отсутствие же рефракции привлечет за собой то, что наблюдатель увидит восход Солнца немного позже, чем при немгновенном распространении света; эта разница, в зависимости от широты места наблюдения, температуры воздуха и других условий, колеблется от 2 минут до нескольких дней и даже более (в полярных широтах).

Таким образом, получается парадокс: при мгновенном (т. е. бесконечно быстром) распространении света мы увидим восход Солнца п о з д н е е, чем при немгновенном!..



ГЛАВА X

Отражение и преломление света

Обводный путь световых лучей

Пользуясь зеркалами, можно заставить свет идти не прямо, а по ломаной линии, обходя непрозрачные предметы. Это свойство света пока не получило применения в практической жизни, — если не считать игрушек и фокусов.

Среди детских игрушек с недавнего времени появился в продаже любопытный прибор, носящий у торговцев громкое название «аппарата с лучами Рентгена». Поводом к такому названию послужило то, что прибор этот дает возможность как бы видеть сквозь непрозрачные тела. Устройство игрушки, с первого раза способной озадачить самого догадливого человека, видно из нашего рис. 100, изображающего старинный прототип описываемой игрушки — «загадочную трубу». Четыре зеркала, наклоненных под углом в 45° , отражают лучи несколько раз, ведя их, так сказать, в обход непрозрачного тела.

На том же принципе основана и другая игрушка, продававшаяся на петербургских балаганах четверть века тому назад*, во время русско-турецкой войны. Это «прозрачный турок»: половина трубы прикреплена к груди куклы-турка, а другая к его спине; искусно скрытая обходная труба с зеркалами позволяет видеть как бы через куклу.

Как недавно выяснилось, этот принцип обходной передачи лучей света был известен еще древним египтянам. Один

* Книга была издана в 1913 году. — Прим. изд.

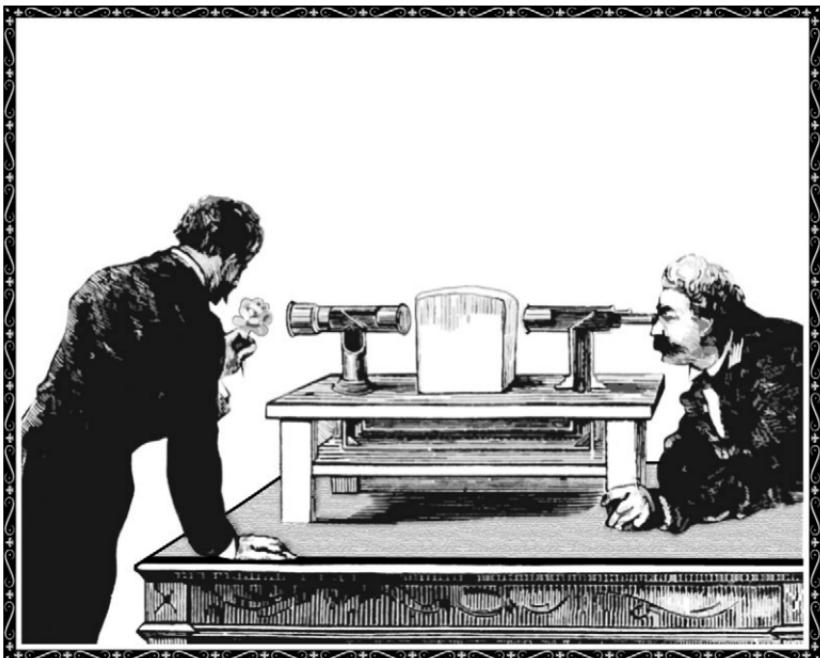


Рис. 100.
Цветок виден через непрозрачный камень.

американский археолог обратил внимание на то загадочное обстоятельство, что на стенах самых темных подземелей Нильской долины попадается множество древних рисунков и барельефов, необычайно тонко и тщательно отделанных. Исполнить столь деликатную художественную работу при свете факелов — совершенно немыслимо. Археолог был так поражен этим обстоятельством, что не мог подыскать ему сколько-нибудь правдоподобного объяснения. Немецкий журнал «Космос» указал, что все это станет вполне понятным, если допустить мысль об употреблении египтянами системы металлических зеркал наподобие вышеописанной.

Говорящая отрубленная голова

Это чудо еще теперь показывается в странствующих по провинции «музеях» и «паноптикумах». На непосвященного оно действует прямо ошеломляющее: вы видите перед собой



Рис. 101.
«Говорящая голова в ящике».

небольшой столик с тарелкой, а на тарелке лежит... живая человеческая голова, которая двигает глазами, ест, говорит. Под столиком пусто, и спрятаться туловищу положительно негде. Впрочем, вплотную к столу подойти нельзя: вас отделяет от него низкая перегородка. Но все же вы ясно видите, что под столиком ровно ничего нет.

Если вам придется быть свидетелем такого «чуда», попробуйте бросить в пустое место под столиком плотно скомканную бумажку. Загадка сразу разъяснится: бумажка отскочит от... зеркала! Если она и не долетит до стола, то все же вы догадаетесь о существовании зеркала, так как увидите в нем отражение бумажки.

Действительно, достаточно поставить по зеркалу между ножками стола, чтобы пространство под ним казалось издали пустым — разумеется, в том лишь случае, если в зеркале не отражается обстановка комнаты или публика. Вот почему комната должна быть пуста, все стены совершенно одинаковы, пол выкрашен в однообразный, без узоров, цвет, а публика удалена от зеркал на достаточное расстояние (рис. 103).

Секрет донельзя прост, но пока не узнаешь, в чем он заключается, прямо теряешься в догадках.



Рис. 102.
«Живая половина женщины».

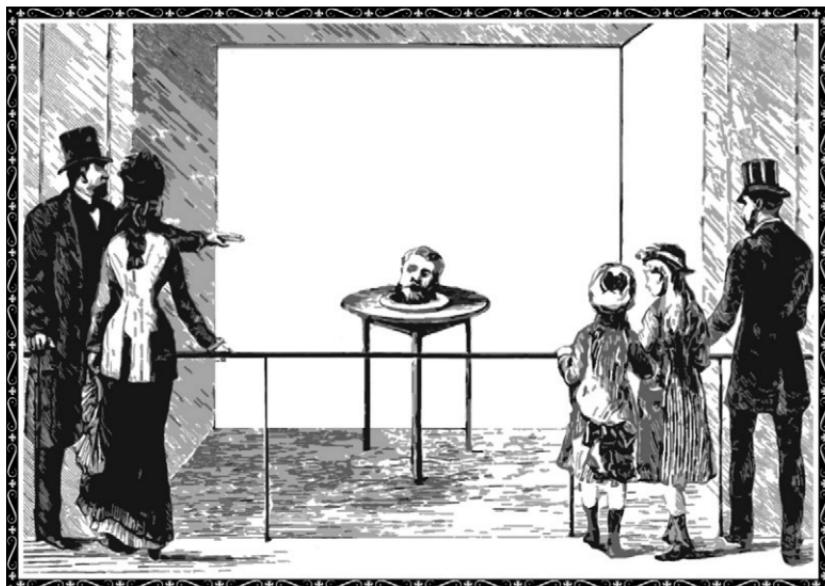


Рис. 103.
Говорящая голова на тарелке.

Иногда фокус обставляется еще эффектнее. Фокусник показывает сначала пустой столик: ни под ним, ни над ним ничего нет. Затем приносит из-за сцены закрытый ящик (разумеется пустой), в котором будто бы и заключается «живая голова без туловища». Этот ящик фокусник ставит на стол, откидывает переднюю стенку — и изумленной публике представляется говорящая человеческая голова (см. рис. 101). Само собой разумеется, что в столешнице имеется откидная доска, закрывающая отверстие, через которое сидящий под столом просовывает свою голову, когда на стол ставят ящик.

Столь же незамысловато объясняется нехитрый секрет и «живой половины женщины», изображенной у нас на рис. 102.

Женская логика

Умеют ли дамы обращаться с зеркалом? Казалось бы, им ли не уметь! Законы отражения света должны бы им быть известны лучше, чем любому физику. А между тем обратите

внимание, как они помещают лампу, когда хотят хорошо разглядеть себя в зеркале: они ставят лампу позади себя, чтобы «осветить свое отражение», вместо того, чтобы осветить самих себя! Из 100 дам 99 поступают таким образом; но, конечно, наша читательница не из их числа.

Кого мы видим, глядясь в зеркало?

«Разумеется, самих себя» — скажет всякий, — «ведь наше изображение в зеркале есть точнейшая копия нас самих, сходная с нами во всех подробностях».

Однако не угодно ли полюбоваться на это сходство. У вас на правой щеке родинка, — у вашего двойника правая щека совершенно чистая, зато есть родинка на левой щеке, а у вас на левой щеке и в помине нет родинки. Вы зачесываете волосы направо; ваш визави, словно нарочно, зачесывает их налево. У вас правая бровь выше и гуще левой, — у него, напротив, эта бровь ниже и реже, нежели левая. Вы носите часы в правом кармане жилета, а бумажник — в левом кармане пиджака; ваш же зеркальный двойник имеет совершенно иные привычки: его бумажник хранится в правом кармане пиджака, а часы — в левом жилетном.

Обратите заодно внимание и на его часы; у вас таких никогда еще не бывало: расположение и начертание цифр необычайное (например, восемь изображено так, как его никогда нигде не изображают — IX, и помещено на месте двенадцати; двенадцати же совсем нет; после шести следует V и т. п.); кроме того, самое движение стрелок на этих часах обратно обычному.

Наконец, у вашего зеркального двойника есть серьезный органический недостаток, от ко-



Рис. 104.

Такие часы носят люди, которых мы видим в зеркале.

торого вы, надо думать, свободны: он левша. Он пишет, пьет, ест левой рукой, и если бы вы вздумали с ним поздороваться за руку, он протянул бы вам левую руку.

Вы видите, что ваш паспорт совсем не отвечает приметам вашего двойника.

Трудно сказать, грамотен ли ваш двойник. Если и грамотен, то как-то по-особенному, по-своему. Вам едва ли удастся прочесть хоть одну строку из той книги, которую он держит в руке, или хоть одно слово из тех, которые он выводит своей левой рукой (см. рис. 105).

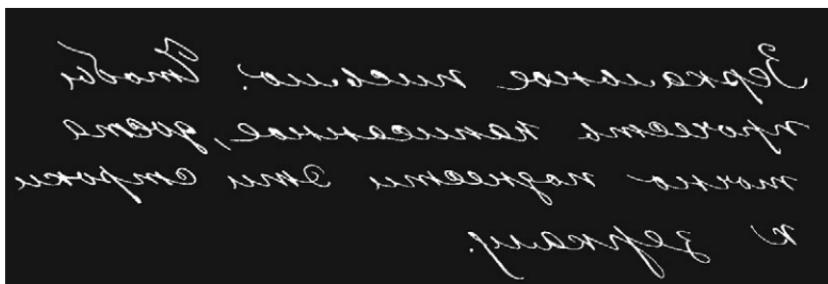


Рис. 105.

Чтобы прочесть написанное здесь, достаточно поднести эти строки к зеркалу.

И этот-то человек претендует на полное сходство с вами! Да ведь первый встречный, пожалуй, имеет с вами больше сходства, чем этот левша, поступающий во всем наперекор вам. А вы были так наивны, что по этому самозванцу судили о внешнем виде вас самих!

Шутки в сторону: если вы думаете, что, глядя в зеркало, вы видите самих себя, — вы заблуждаетесь. Наше лицо, — не говоря уже о нашем туловище и одежде, — не строго симметрично: правая его половина не вполне сходна с левой. В зеркале же все особенности правой половины переходят к левой и наоборот, так что перед вами является лицо, производящее совсем иное впечатление, чем ваше собственное.

Чтобы убедиться в нетождественности обеих половин человеческого лица, поступают таким образом. Фотографируют лицо человека в анфас и приготовляют с негатива, кроме

обыкновенного отпечатка, еще и другой, симметричный ему отпечаток, переложив пленку на обратную сторону. Затем разрезают каждый отпечаток вдоль пополам; сопоставляя соответствующие половины, получают два снимка с данного лица — «правый», составленный из двух правых половин, и «левый» — из двух левых половин. Мы получаем возможность познакомиться отдельно с «правым» и «левым» выражениями лица каждого человека.

Оба выражения заметно различны, даже в том случае, когда при прямом взгляде на лицо отказываешься допустить какую-нибудь разницу между обеими его половинами. И при этом любопытно, что почти во всех случаях «правое» лицо кажется более осмысленным, энергичным, выразительным, нежели «левое». При сравнении же обоих искусственных лиц с оригиналом «правое» всегда имеет с ним больше сходства, нежели «левое». Это показывает, что в том смешанном впечатлении, которое мы получаем от всякого лица, преобладают черты именно правой половины: как более выразительные и осмысленные, они резче запечатлеваются в памяти.

Любителям фотографии мы советуем производить подобные опыты над своими знакомыми. Необходимый для этого навык приобретается очень скоро, — а результаты достаточно любопытны, чтобы стоило потрудиться.

Расчетливая поспешность

Вероятно, не многие из наших читателей знают, что свет избирает кратчайший путь не только тогда, когда он распространяется прямолинейно, но и тогда, когда он отражается от зеркала. В самом деле, проследим за его путем. Пусть

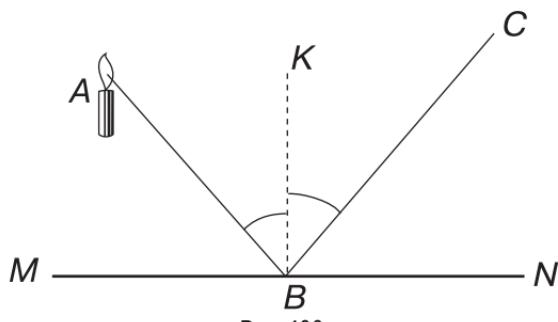


Рис. 106.
Угол падения равен углу отражения.

буква A на рис. 106 обозначает источник света, линия MN — зеркало, а прямые AB и BC — путь луча от свечи до глаза.

По законам оптики, угол падения ABK = углу отражения KBC . Зная это, легко доказать, что из всех возможных путей от A до C (с попутным достижением зеркала MN) путь ABC — самый короткий.

Сравним путь луча ABC с каким-нибудь другим, например с ADC (рис. 107). Опустим перпендикуляр AE из точки A на

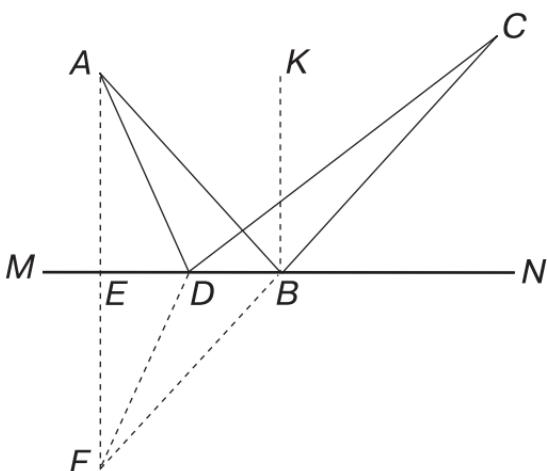


Рис. 107.
Путь ABC короче пути ADC .

MN и продолжим его далее до пересечения с продолжением луча BC в точке F . Соединим также точки F и D . Теперь докажем прежде всего равенство треугольников ABE и EBF . Они прямоугольные, и у них общий катет BE ; кроме того, углы EFB и EAB равны между собой, так как они

соответственно равны углам KBC и KBA (линии KB и AE параллельны). Значит, $AE = EF$. Отсюда вытекает равенство прямоугольных треугольников AED и EDF (по двум катетам) и, следовательно, равенство AD и DF .

Теперь мы можем путь ABC заменить равным ему путем CBF (так как $AB = FB$), а путь ADC — путем CDF . Сравнивая же между собой длины CBF и CDF , мы видим что линия CBF как прямая короче ломаной CDF , проведенной между её концами. Значит, и ломаная ABC короче ADC , — что и требовалось доказать.

Это доказательство сохраняет силу при всяком положении точки D , — и, значит, свет действительно избирает самый ко-

роткий путь из всех возможных между источником, зеркалом и глазом*.

Полет вороны

Умение находить кратчайший путь в случаях, подобных сейчас рассмотренному, может пригодиться для решения некоторых головоломок. Вот пример одной из таких задач.

На ветке дерева сидит ворона. Внизу на дворе рассыпаны зерна. Ворона спускается с ветки, схватывает зерно и садится на забор. Спрашивается, где должна она схватить зерно, чтобы путь ее был кратчайшим (рис. 108).



Рис. 108.

Задача о вороне. Найти кратчайший путь до забора.

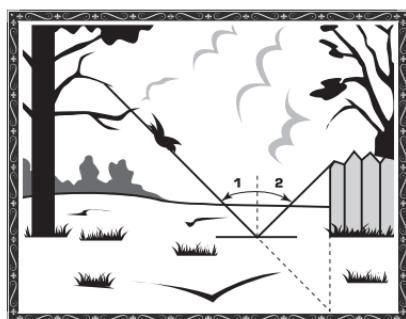


Рис. 109.

Решение задачи о вороне.

Задача эта совершенно сходна с той, которую мы только что рассмотрели. Нетрудно поэтому дать правильный ответ:

* На это обстоятельство впервые указал Герон Александрийский, греческий ученый II века н. э.

ворона должна подражать лучу света, т. е. лететь так, чтобы угол 1 был равен углу 2 (рис. 109). Мы уже видели, что в таком случае путь оказывается кратчайшим.

Как наши деды воспевали калейдоскоп

Изыщная игрушка, известная под именем калейдоскопа, теперь уже выходит из моды, и мы не можем себе представить, как увлекались ею наши деды. Калейдоскоп воспевали и в прозе и в стихах. Снаряд этот изобретен был в Англии в 1816 году и через год-полтора уже проник в Россию, где был встречен с восхищением. Известный баснописец А. Измайлов в своем журнале «Благонамеренный» (июнь 1818 г.) писал о калейдоскопе в следующих выражениях:

«Прочитав объявления о калейдоскопе, достаю сие чудесное орудие —

Смотрю — и что ж в моих глазах?

В фигурах разных и звездах

Сапфиры, яхонты, топазы,

И изумруды, и алмазы,

И аметисты, и жемчуг,

И перламутр — все вижу вдруг!

Лишь сделаю рукой движенье —

И новое в глазах явленье!

Не только в стихах, но и в прозе невозможно описать того, что видишь в калейдоскопе. Фигуры переменяются при каждом движении руки, и одна на другую не походят. Какие прелестные узоры! Ах, если бы можно было вышивать по их канве! Но где взять таких ярких шелков? Вот самое приятное занятие от безделья и от скуки! Гораздо лучше смотреть в калейдоскоп, нежели раскладывать гранд-пасьянс. По калейдоскопу можно загадывать, как по картам.

Утверждают, будто калейдоскоп известен был еще в XVII столетии. Ныне недавно он возобновлен и усовершенствован в Англии, оттуда месяца два назад перешел во Францию.

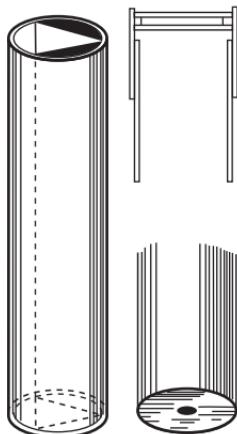


Рис. 110.

Как устроен калейдоскоп.

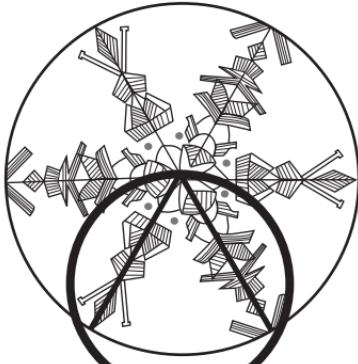


Рис. 111.

Отражения в калейдоскопе.

Один из тамошних богачей заказал себе калейдоскоп в 20 000 франков. Вместо разноцветных стеклышек и бус велел он положить жемчуг и драгоценные каменья».

Далее следует французский анекдот о калейдоскопе и, наконец, такое меланхолическое заключение:

«Известный своими превосходными оптическими инструментами Императорский Физико-Механик Роспини делает и продает калейдоскопы по 20 р. Без сомнения, гораздо более найдется на них охотников, нежели на физические и химические лекции, от которых — к сожалению и к удивлению — благонамеренный господин Роспини не получил никакой себе выгоды».

Дворцы иллюзий и миражей

На всемирной Парижской выставке 1900-го года большим успехом в публике пользовался так называемый «Дворец иллюзий». Он представлял собой, в сущности, как бы огромный, но неподвижный калейдоскоп — настолько огромный, что внутри него могли поместиться сотни зрителей. Вообразите себе шестиугольную залу, каждая стена которой представляет собой огромное зеркало идеальной полировки. В углах, вдоль боковых ребер этой зеркальной призмы, устроены были архи-

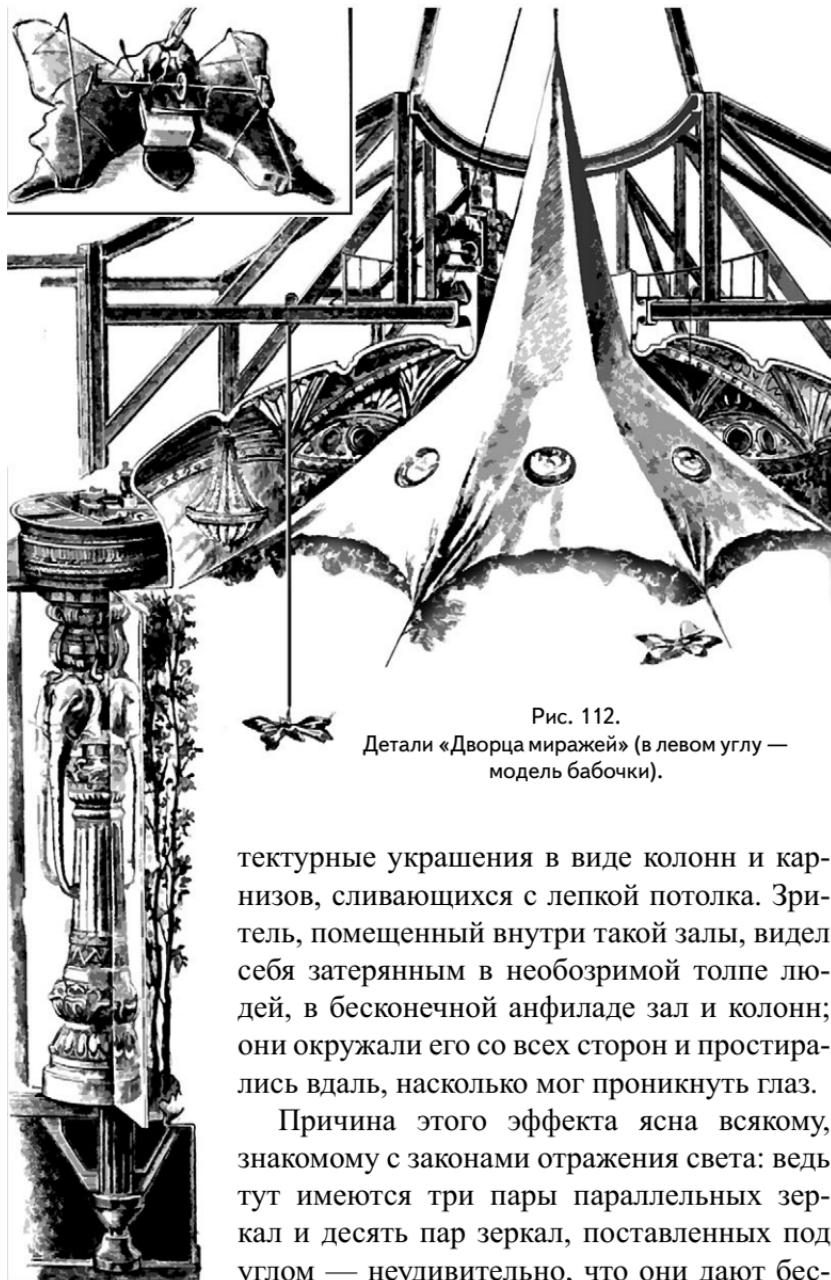


Рис. 112.
Детали «Дворца миражей» (в левом углу —
модель бабочки).

тектурные украшения в виде колонн и карнизов, сливающихся с лепкой потолка. Зритель, помещенный внутри такой залы, видел себя затерянным в необозримой толпе людей, в бесконечной анфиладе зал и колонн; они окружали его со всех сторон и простирались вдаль, насколько мог проникнуть глаз.

Причина этого эффекта ясна всякому, знакомому с законами отражения света: ведь тут имеются три пары параллельных зеркал и десять пар зеркал, поставленных под углом — неудивительно, что они дают бесчисленное множество отражений. Рис. 113 поясняет сказанное.

Трудно представить себе, как подавляющее действовала эта бесконечная перспектива зал во «дворце иллюзий», — но все это ничто по сравнению с теми необыкновенными эффектами, которые были достигнуты в Парижском «Дворце миражей» (рис. 112). Устроители этого «дворца» пошли еще дальше:

они присоединили к эффекту бесчисленных отражений еще эффект мгновенной перемены всей картины. Другими словами, они как бы устроили гигантский и при том движущийся калейдоскоп, — но такой, что зрители помещаются внутрь него, а не вне.

Во «Дворце миражей» перемена обстановки залы достигается более сложным путем, чем в калейдоскопе, который вращают рукой. А именно: зеркальные стены залы на некотором расстоянии от ребер разрезаны вдоль, и

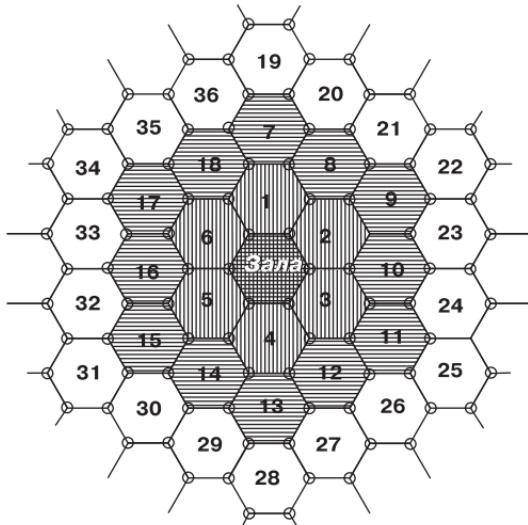


Рис. 113.

Схема отражений в шестиугольном зале «Дворца иллюзий».

этот зеркальный угол может, как одно целое, вращаться вокруг оси, заменяясь другим. Из рис. 114 видно, что можно произвести три замены, соответствующих цифрам 1, 2 и 3. Теперь представьте себе, что все углы, обозначенные цифрой 1, заключают в себе обстановку арабского храма, все углы 2 — обстановку тропического леса, а углы 3 — обстановку индийского храма. Тогда одним движением скрытого механизма, поворачивающего зеркальные углы, — тропический лес, словно по волшебству, превращается в храм или залу.

Прибавьте к этому еще ряд удивительных эффектов освещения — и вы поймете, какое поразительное впечатление должен производить на зрителя этот поистине «дворец миражей». Прямо даже не верится, что легким движением руки одного человека мгновенно достигается такой грандиозный эффект, как смена целого обширного лесного пейзажа на безграничную анфиладу арабских зал или величественные своды индийского храма.

А между тем весь секрет волшебства основан на таком простом физическом законе, как всем известное правило отражения световых лучей: угол падения равен углу отражения. Читатель легко может довольно несложным геометрическим построением получить схему расположения этих бесконечных отражений «Дворца миражей».

Дворцы иллюзий и миражей в настоящее время служат целям развлечения. Но некогда тем же свойством зеркал пользовалась, говорят, инквизиция. Она изобрела особую «пытку зеркал», с которой читатель может познакомиться по приводимому далее рассказу*.

ПЫТКА ЗЕРКАЛАМИ

Рассказ

Во главе стола сидел инквизитор. Он сказал:

— Ты упорствуешь, отказываешься вернуться в объятия святой Церкви, которая, по милосердию своему, призывает

* Он заимствован из английского журнала «Strand Magazine». Автор — не обозначен. Перевод сделан Е. М. Чистяковой-Вэр.

тебя. За это мы приговариваем тебя к тому, чтобы ты побыл сам с собою. Да возненавидишь ты себя, во прахе и теле, и да обретешь раскаяние, ведущее к спасению души.



Рис. 115.
Во главе сидел инквизитор...

Этих слов я не понял. Впрочем, не понимал я и ничего остального, только угадывал, что какой-нибудь несчастный страдалец под пыткой обронил мое имя, в надежде смягчить свои мучения. Меня схватили на одной из мадридских улиц и отвели в тюрьму инквизиции. Много недель пробыл я там; наконец меня позвали на следствие, и я обрадовался: по крайней мере, невыносимое ожидание прекратилось...

После допроса меня снова отвели в камеру, похожую на прежнюю. Это была комната приблизительно в двенадцать квадратных футов, которая освещалась окошечком под потолком. Была в ней и кровать, хотя сон в этих стенах редко бывал отдоихом.

Расспрашивать замаскированного тюремщика, который ввел меня в мою новую тюрьму, я не стал. Я прежде пытался делать это, но без успеха. Сторожа инквизиции неразговорчивы; они даже не покачивают головами.

Тяжелая дверь затворилась за мной. Я остался один, понимая, что буду страдать, — но как страдать, не знал. «Побудь наедине с собою»... Что же, в конце концов, могли значить эти слова? Ведь я и так несколько недель провел в одиночном заключении?

Меня допрашивали днем; вечер подходил, ничего не случилось, и мои опасения начали мало-помалу замирать. Наконец я заснул, почти успокоенный.

В сумраке раннего утра я проснулся — и задрожал от ужаса. Устремив глаза в темноту, я заметил, что за ночь произошла непонятная мне, странная перемена. Как раз против моей кровати мерцал свет; раньше его не было. Остальные стены казались мистическими; странные тени колебались на них.

Я лежал, раздумывая, что бы это значило. Вдруг над моей головой послышался легкий стук; комната окончательно потемнела. Я поднял голову и увидел, что окно чем-то закрыли. Ждал я несколько часов, но лучи зари не проникли в мою камеру. Вот над моей головой вспыхнул легкий свет; в отверстии на середине потолка показались пальцы, снова исчезли, оставив повешенную зажженную лампу. Наконец теперь я мог видеть...

Что видеть? Моим первым ощущением был полный ужас. Голова у меня закружилась. Мне казалось, что я один среди дикого калейдоскопического вихря... Из каждого угла на меня смотрели страшные лица. Фантастические огоньки качались повсюду, куда ни падал мой взгляд. Казалось, моя камера разрослась, сделалась до ужаса бесконечной, и не было в ней опоры, не было устойчивости...

Я не сразу понял, в чем дело. За ночь стены, потолок и пол моей камеры заменили зеркалами. Даже дверь и окно закрыли теперь зеркальные стекла.

Лицо, смотревшее на меня с пятидесяти сторон сразу, было моим собственным лицом. Я так давно не видел его, что почти совсем забыл. Теперь я видел его, но оно было дико и ужасно. Его окаймляла борода, и мои глаза так изменились, что я невольно задал себе вопрос: как еще они переменятся?

Только через несколько часов я нашел в себе достаточно мужества действительно посмотреть кругом. И невозможно передать, какое это было страшное зрелище! Смотрел ли я направо или налево, вверх или вниз — я видел себя в сотне фантастических поз. Были фигуры, стоявшие ко мне лицом, обращенные ко мне спиной, боком. Тут я держался на голове, там видел себя в перспективе сверху. Половины, части моей фигуры, отрезанные углами зеркал, виднелись повсюду, куда ни обращались мои глаза.

Я боялся пошевельнуться, — так ужасно было волнение, которое порождали среди призраков зеркал самые легкие мои движения. Если я поднимал руку, это движение повторялось толпой фигур на тысячу ладов.

Я старался не открывать век, — но мысль, что кругом меня были миллионы закрытых глаз, как бы в насмешку надо мною заставляла мои веки снова подниматься.

Так прошел день, день ужасного страдания. Я понимал, что еще несколько таких суток превратят меня в бешеного безумца. Из отверстия в середине потолка ко мне спустили пищу, но я не мог дотронуться до нее.



Рис. 116.
Это было страшное зрелище...

Мои мучители, вероятно, поняли, что конец настанет раньше, чем они желали, — и на следующее утро я проснулся в обыкновенной камере. Я думаю, еще никогда вид тюремных стен не вызывал такого удовольствия. Я провел почти счастливый день, надеясь, что пытка моя окончена.

Но не так действовала инквизиция! На следующее утро зеркала снова появились, с той разницей, что раньше они были совершенно гладки, а теперь их заменили слегка вогнутыми. Каждый, кто когда-нибудь смотрелся в вогнутое зеркало, знает, что это значит. Мои отражения, бывшие прежде просто бесчисленными, теперь сделались страшно безобразными. Чудовищные губы, безобразные глаза усмехались мне со стен, и ужасные несоразмерные существа неожиданно изменились при каждом моем малейшем движении (рис. 117). Мне казалось, что дьявольское жилище не могло быть хуже моей камеры. Мне хотелось броситься на пол, но я знал, что меня там встретит какая-нибудь смешная и страшная карикатура на меня.

На следующий день был отдых; хотя я не питал уже никаких надежд, я постарался спокойно взглянуть в лицо моей судьбе. Очевидно, мои преследователи хотели довести меня до безумия; я хорошо знал их и потому верил, что они еще не достигли пределов своей дьявольской изобретательности. Будь у меня какое-нибудь оружие, я разбил бы на тысячи осколков проклятые зеркала; но моей кроватью служила простая доска, а ничего другого, подходящего для моей цели, я не мог найти.

Бежать? Невозможно! Инквизиция имела хорошие замки, а тюремщики инквизиции отличались верностью. Раздумывая об этом, я случайно увидел закрытую отдушину в середине потолка, через которую вешали лампу в страшные утра. Тогда я замечал только руку: она поднимала часть зеркала, оттягивая ее назад, а потом вешала лампу на крючок, приделанный к ней. Но так как потолок приходился на высоте по крайней мере десяти футов, это не давало мне никакой надежды!

Однако в отчаянии люди прибегают к отчаянным средствам. На следующее утро я с жаром ждал появления руки. Когда она просунулась в люк, я подпрыгнул и схватился за нее. Раздался крик отчаяния; я повис на захваченной в плен кисти... И вот человеческое тело рухнуло из отверстия на пол. Я успел отскочить от него, и мой тюремщик упал на голову, посреди пола. Лампа, понятно, разлетелась на куски.

Я заранее обдумал все. Не медля ни минуты, я сорвал с убитого или ошеломленного тюремщика плащ и маску и надел их на себя. Потом посадил моего пленника и, став на его плечо как на подножку, подпрыгнул к люку, который вел в комнату наверху (рис. 118).

К счастью, я добрался до трата и благополучно вылез из камеры.

Кругом не было никого.

Вопль сторожа прошел не замеченным там, где часто раздавались стоны и крики. Я заботливо закрыл за собой люк.

Остальная часть моего бегства прошла легче, чем можно было предполагать, — отчасти благодаря маске, отчасти в силу обета молчания слуг инквизиции. Я, правда, встретил двух-трех тюремщиков, но они меня не остановили.

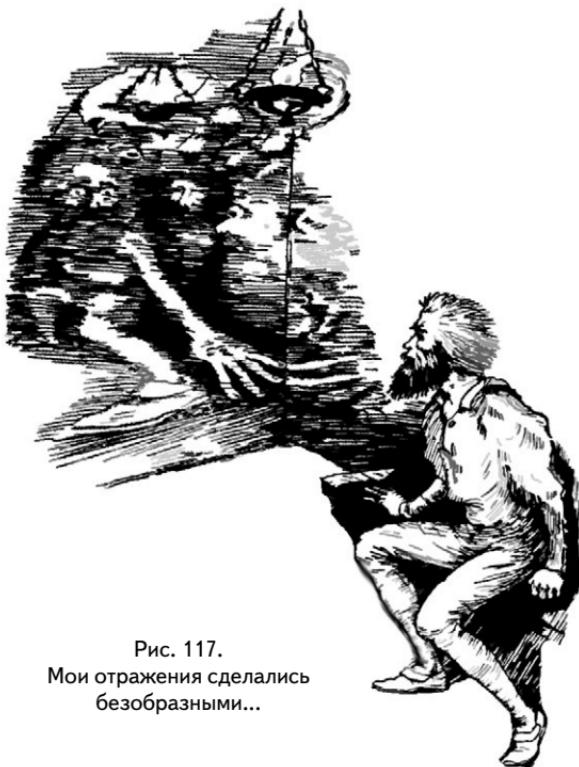


Рис. 117.
Мои отражения сделались
безобразными...



Рис. 118.
Я подпрыгнул к люку.

Мне удалось прорваться в сад, и там, в глухом уголку, я по дереву взобрался на стену и скоро очутился на свободе.

Тут я нашел время спросить себя: что почувствует мой пленник, когда он очнется окруженный адскими зеркалами? Конечно, я вывихнул ему кисть, а может быть, он даже сломал себе шею. И, думая об этом, я пожалел, что ко мне не попал сам великий инквизитор...

Для чего лучи света преломляются?

Забудем на время о лучах света и займемся следующей задачей, очень простой и легкой на вид.

Некто, находясь с лодкой у пристани *A*, должен достичь пункта *B* на лугу противоположного берега в кратчайшее время. По какому направлению ему следует плыть через реку, если известно, что в воде он движется скорее, нежели пешком по лугу?

Казалось бы, кратчайший путь будет AB — прямая линия ведь всегда указывает кратчайший путь. Однако это неверно. Помните, что мы ищем не тот путь, который геометрически короче других, а тот, который можно пройти в кратчайшее время. А если так, то по ломаной линии ADB можно, пожалуй, скорее прибыть в B , нежели по прямой AB . В самом деле, та

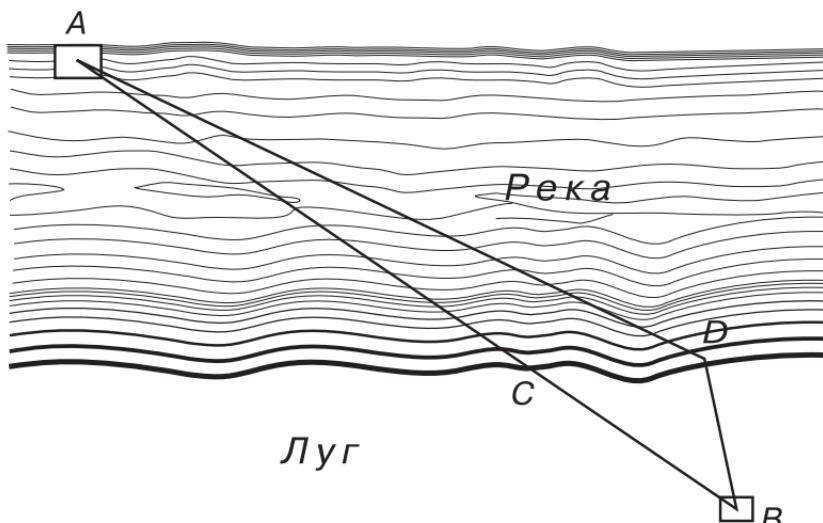


Рис. 119.
Как быстрее всего добраться из A в B ?

часть пути, которую надо медленно пройти пешком по лугу, — эта часть для ломанной линии ADB гораздо короче, нежели для прямой ACB (BC чуть не вдвое длиннее BD). Правда, зато водяной путь AD для ломаной линии длиннее, нежели часть AC прямого пути ACB ; но эта разница здесь относительно невелика и, к тому же, быстро проплывается в лодке. Таким образом, в результате путь ADB может быть выполнен в более короткий срок, нежели путь ACB .

Подробное рассмотрение этой задачи, кажущейся на вид столь простою, невыполнимо средствами элементарной математики. Обращаясь к услугам высшей математики, мы получаем такой ответ (рис. 120): тот путь будет

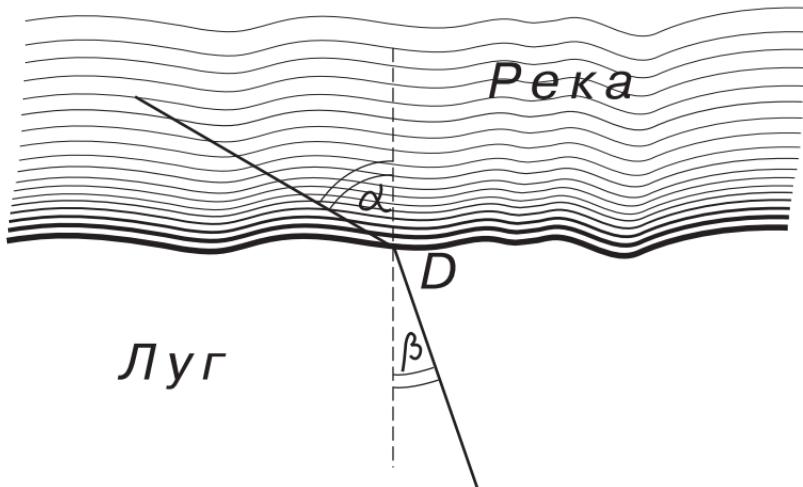


Рис. 120
Преломление пути.

кратчайшим, при котором осуществлена пропорция:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\text{скорость лодки}}{\text{скорость пешехода}}.$$

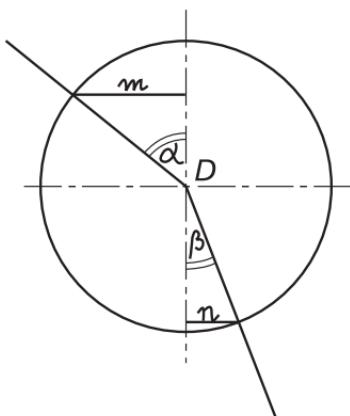


Рис. 121.
Как найти синусы углов α и β .

Другими словами, путь преломляется так, что отношение синуса угла α к синусу угла β (углов между частями пути и перпендикуляром) равно отношению скоростей движения в воде и по лугу. Это отношение есть величина постоянная, не зависящая ни от ширины реки, ни от положения точек A и B^* .

Но ведь точно таков и закон преломления света! При переходе

* Для незнакомых с тригонометрией поясним, что отношение синусов углов α и β равно отношению перпендикуляров m и n . Окружность берется произвольного радиуса, так как отношение m/n не зависит от величины радиуса. Необходимо лишь, чтобы точка D служила ее центром (рис. 121).

де из одной среды в другую свет тоже преломляется, причем отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная, равная отношению скоростей света в каждой среде. Теперь вы понимаете, что свет, преломляясь, достигает экономии во времени, так как совершают свой пробег в кратчайший срок. Здесь мы видим, следовательно, ту же расчетливую поспешность, которую мы заметили ранее для отражения света.

Появление и исчезновение монеты

Посадите вашего гостя за стол так, чтобы он не мог видеть dna стоящей перед ним чашки. На дно чашки положите монету, которая, разумеется, будет заслонена от глаз вашего гостя стенкой чашки. Теперь попросите гостя не поворачивать головы — и налейте в чашку воды. Эффект получится довольно неожиданный: монета сразу сделается видимой для вашего гостя. Удалите воду из чашки спринцовкой — и дно с монетой опять опустится.

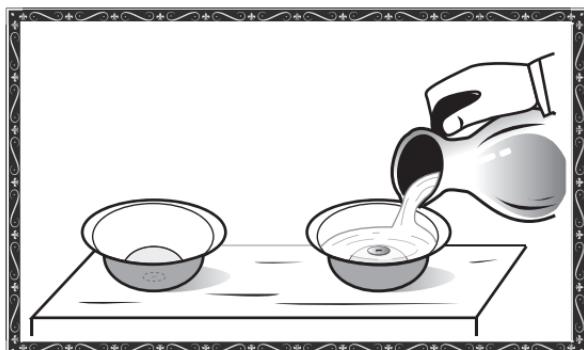


Рис. 122.
Кажущееся поднятие dna в чашке.

Это кажущееся поднятие и опускание dna объясняется преломлением лучей света, ход которых наглядно изображен на рис. 123. Поднятие dna будет наименьшим, когда вы смотрите на воду прямо сверху, т. е. когда в ваш глаз попадают лучи, вышедшие из воды под прямым углом к ее поверхности. Вот почему, между прочим, глядя из лодки сквозь воду на ровное дно пруда, вы всегда видите самое глубокое место прямо под собой. Ровное дно пруда кажется вам вогнутым. Наоборот, если

бы вы могли со дна пруда смотреть на перекинутый через него мост, то он казался бы вам ви́зуально́м (как изображено на рис. 126, о котором речь будет ниже).

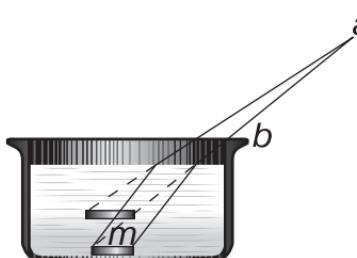


Рис. 123.

Почему монета *m* кажется наблюдателю приподнятой (вместе с дном сосуда).

В этом случае лучи переходят из слабо преломляющей среды (воздуха) в сильно преломляющую (воду), вследствие чего эффект получается обратный, чем при переходе лучей из воды в воздух. Это, между прочим, необходимо иметь в виду при рассмотрении условий жизни водных обитателей. О том,

как видят рыбы — или, вернее,

как они должны были бы видеть, если бы имели наши человеческие глаза, — мы потом побеседуем подробнее.

К сведению купальщиков

Кажущееся поднятие дна водных бассейнов надо иметь в виду всем купающимся, особенно детям, для которых неправильная оценка глубины может оказаться роковой. Преломление лучей поднимает дно приблизительно на $\frac{1}{3}$, т. е. речка, имеющая 6 футов глубины, кажется глубиною всего в 4 фута. И наоборот, если дно кажется нам на глубине 4 футов, то на самом деле оно на глубине 6 футов — разница, достаточная для того, чтобы повлечь за собой гибель не умеющего плавать купальщика.

Как перерезать бечевку, не касаясь ее?

Просверливши отверстие в пробке, продевают через нее нитку; один конец завязывают узлом, а к другому привязывают перстень, гвоздик или что-нибудь в этом роде. Затем закупоривают этой пробкой пустую бутылку, так что перстень оказывается подвешенным внутри нее.

Предложив гостям осмотреть бутылку и запечатать ее сургучом с их инициалами, вы заявляете после этого, что беретесь перерезать бечевку, не повреждая печати. И действительно, удалившись с бутылкой на минуту в соседнюю комнату, вы возвращаетесь и показываете бутылку гостям уже с перерезанной бечевкой. Печать остается нетронутой.

Объяснение фокуса весьма просто: разрезывание производится зажигательным стеклом. Направив лучи на бечевку, вы пережигаете ее в несколько секунд.

Само собой разумеется, что этот фокус может быть исполнен лишь в солнечный день.

Любопытно, что нечто в этом роде упоминается в комедии Аристофана «Облака». Сократ предлагает Стрептиаду задачу: «Если бы кто писал обязательство на тебя в пяти талантах, как бы ты уничтожил оное?»

Стрептиад. Нашел я, как истребить обязательство, да такой способ, что ты и сам признаешь его прехитрым! Видал ты, конечно, в аптеках камень прекрасный, прозрачный, которым зажигают?

Сократ. Зажигательное стекло?

Стрептиад. Точно так.

Сократ. Что же далее?

Стрептиад. Пока нотариус пишет, я, став позади него, направлю лучи солнца на обязательство да слова-то все и растоплю...

Чтобы понять, в чем тут дело, необходимо помнить, что греки времен Аристофана писали на навощенных дощечках, которые от теплоты легко растапливались.

Как видят рыбы?

Пробовали ли вы когда-нибудь делать такой простой опыт: обыкновенное увеличительное стекло опустить в воду и рассматривать через него погруженные предметы? Попробуйте — вы заметите довольно неожиданное явление: в воде увеличительное стекло почти не увеличивает. Погрузите в воду уменьшительное (т. е. двояковогнутое) стекло — и окажется,

что там оно утратит в значительной степени свое свойство уменьшать. Еще страннее будет результат опыта, если вы про- делаете его не с водой, а с растительным маслом: здесь полу-

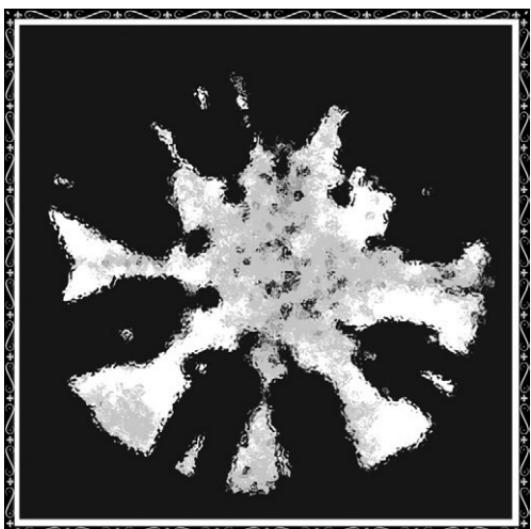


Рис. 124.

Как рисуются рыбам люди, стоящие вокруг пруда.

чится как раз обратное тому, к чему мы привыкли — двояковыпуклое стекло будет уменьшать предметы, а двояковогнутое — увеличивать их.

Отчего бы это могло быть? Если вы вспомните основной закон преломления лучей света, то все эти чудеса перестанут удивлять вас своей неожиданностью и странно-

стью. Двояковыпуклая чечевица в воздухе увеличивает потому, что стекло сильнее преломляет свет, нежели окружающий ее воздух. Если бы мы могли изготовить такую чечевицу из алмаза, то она увеличивала бы еще заметнее, потому что преломляющая способность алмаза больше, нежели стекла. Но разница между преломляющей способностью стекла и воды сравнительно невелика; поэтому, если вы поместите стеклянную чечевицу в воду, то лучи света, переходя из воды в стекло, не испытывают большого уклонения в своем следовании. Оттого-то под водой увеличительное стекло гораздо слабее увеличивает, чем в воздухе, а уменьшительное — слабее уменьшает. Раститель-

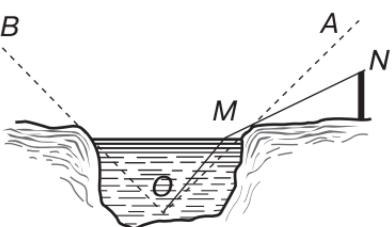


Рис. 125.
Рыбы видят по направлению *OMN*.

ное же масло преломляет лучи еще сильнее, чем стекло — отсюда и происходит то странное, на первый взгляд, явление, что в этой жидкости увеличительные стекла уменьшают, а уменьшительные увеличивают.

Итак, достаточно погрузить оптическое стекло в воду, чтобы оно в значительной степени утратило свои оптические свойства. Если мы погрузим в воду не одно стекло, а сложную

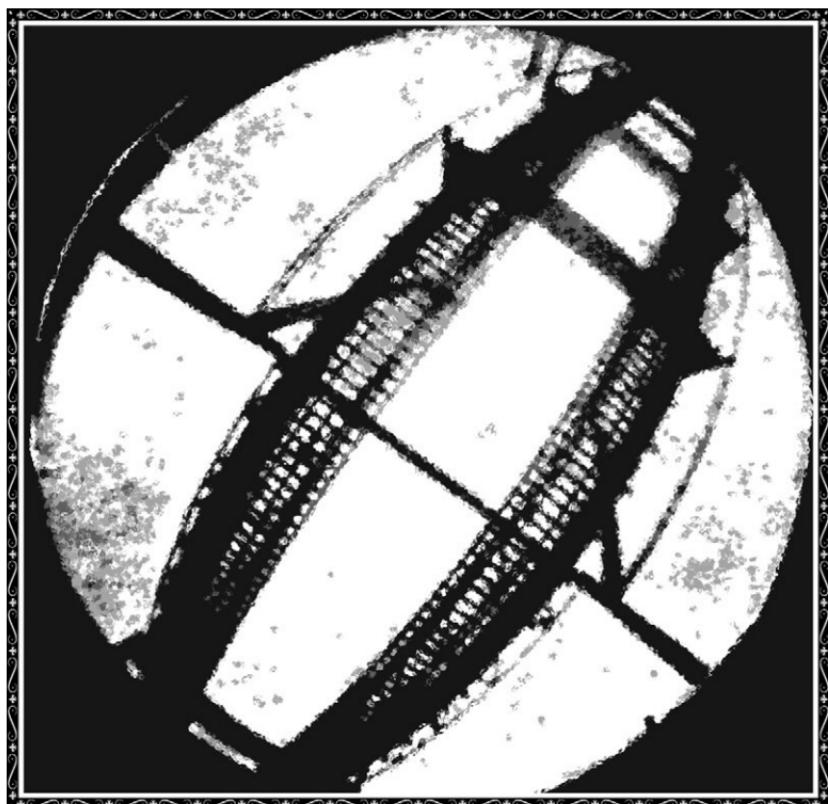


Рис. 126.
Как рисуется рыбам железнодорожный мост.

комбинацию стекол, т. е. целый оптический прибор, то там он окажется совершенно непригодным. А так как наш глаз не что иное, как оптический прибор, то ясно, что в воде глаз не может так служить своей цели, как в воздухе.

Теперь вы понимаете, что зрение у рыб должно быть какое-то совершенно особенное, и что здесь есть над чем задуматься. Другими словами, то обстоятельство, что рыбы живут не в воздухе, а в воде, т. е. среде, сильнее преломляющей свет, — одно это создает уже для них особые оптические явления, о которых мы обыкновенно даже и не подозреваем.

Еще любопытнее будет рассмотреть вопрос: как рыбы видят нас? И вообще — в каком виде представляется водным

существам наш наземный мир? Один американский учёный (Вуд) серьезно занялся изучением этого вопроса. Он соорудил очень простой прибор, дающий возможность фотографировать предметы в таком виде, в каком они должны рисоваться подводным существам. Прибор этот очень прост, и его может изготовить всякий; это — обычновенный фотографа-



Рис. 127.

Какою представляется рыбам шеренга людей, выстроившаяся у аквариума.

фический аппарат (даже без объектива), но наполненный водой, так что лучи, прежде чем достичь светочувствительной пластиинки, должны пройти через слой воды вершка в 2—3 толщиной. С помощью этого крайне простого прибора добывты те три любопытные фотографии, которые здесь воспроизведены.

Рис. 124 изображает, как рисуется рыбам круг людей, стоящих возле небольшого пруда. Любопытно здесь то, что рыба со дна пруда видит всего человека с головы до ног, а не только

верхнюю часть его туловища, как можно было ожидать. Раньше, чем вы успели подойти к берегу, рыба уже видит вас, — интересное обстоятельство, о котором мы обыкновенно и не подозреваем. Объяснение этого кажущегося парадокса кроется опять-таки в законе преломления света. Это станет понятно, если вы обратите внимание на прилагаемый рис. 125. Если бы пруд был наполнен не водой, а воздухом, то из точки O можно было бы видеть только те предметы, которые находятся в пространстве между OA и OB .



Рис. 128.
Мир подводных обитателей, наблюдаемый из воды.

дятся в пространстве между OA и OB . Другое дело, если пруд наполнен водой: тогда рыба может из точки O видеть предмет N , — луч преломляется в точке M , и вследствие этого край пруда не заслоняет от рыбы предметов, находящихся на берегу. Другими словами, горизонт видимости для рыб гораздо шире, чем мы обыкновенно думаем; это небесполезно запомнить всем любителям рыбной ловли.

Другое неожиданное следствие закона преломления — искажение формы всех надводных и вообще неводных предметов для обитателей водного мира. Например, прямые линии железнодорожного моста рисуются рыбам в виде дуг, как это

наглядно показывает рис. 126. Останавливаться на причине этого оптического явления мы не станем — мы намекнули на нее, когда объясняли, почему плоское дно пруда кажется нам вогнутым (стр. 158). По сходной причине и ряд людей, стоящих, например, возле аквариума, должен казаться рыбам в том виде, какой изображен на рис. 127: люди словно стоят не шеренгой по прямой линии, а дугой, обращенной своей выпуклостью к рыбе.

Наконец, отметим еще одну особенность подводной оптики: рыба и всякое вообще подводное существо в спокойной воде всегда видит вверху себя светлый круг, а вовсе не грани-



Рис. 129.

Что такое «полное внутреннее отражение».

На чертеже I угол α меньше предельного, — и луч выходит из воды в воздух. На чертеже II — угол α равен предельному, — и луч скользит вдоль поверхности воды. На чертеже III угол α больше предельного, — и луч, не выходя из воды, отражается от внутренней поверхности ее под углом β , равным α .

цы пруда, как можно было бы думать (кроме тех случаев, когда глаз находится близко у берега). Это опять-таки вытекает из законов преломления света: построив ход лучей и приняв во внимание существование так называемого «предельного угла» и полного

внутреннего отражения, вы убедитесь, что это должно быть именно так. И любопытно при этом отметить, что чем рыба ближе к поверхности воды, тем светлый круг над её головой меньше; и наоборот, с погружением ее в воду размеры круга увеличиваются.

Через этот светлый круг рыбы, как через круглое окно, видят весь надводный мир. Кругом же этого «окна» словно расстилается зеркало, через которое не проходит ни один луч. В этом зеркале отражаются все предметы, находящиеся на дне бассейна и плавающие в нем. Лишь кое-где на сверкающей поверхности водного зеркала заметны странные выступы — это днища лодок, плавающих по озеру.

Таковы некоторые особенности подводной оптики, о которых многие часто даже не подозревают, несмотря на то, что их можно, на основании законов преломления света, предвидеть заранее, без всяких опытов. Правда, подобные снимки не дают еще полного представления о том, как видят рыбы, потому что воспроизводят лишь внешние, физические условия зрения под водой; физиологическая же сторона, обусловленная анатомическим строением глаз рыб, осталась нерассмотренной. Но все же существенных изменений вносить не придется, так как в общем глаза рыб устроены по типу фотографического аппарата.

Так как соорудить «подводную» камеру сравнительно не трудно (можно успешно обходиться даже без объектива), то мы советуем читателям попытаться повторить опыты американского ученого. Быть может, им удастся подметить особенности, ускользнувшие от его внимания.

Любопытно, что обитатели Жюль-Верновского «Наутилуса» должны были наблюдать вокруг себя совершенно подобные же явления. Однако автор «80 тысяч верст под водой»* упустил из виду это обстоятельство и нигде не упоминает ни о зеркальности внутренней поверхности воды, ни о своеобразном оптическом круглом «окне», ни об искажении форм предметов, видимых из воды.



* «20 000 лье под водой» («80 000 километров под водой», «Восемьдесят тысяч вёрст под водой», фр. *Vingt mille lieues sous les mers*) — классический научно-фантастический роман французского писателя Жюля Верна, впервые опубликованный в 1869 году. Он повествует о выдуманном Капитане Немо и его подводной лодке «Наутилусе» со слов одного из его пассажиров, профессора Пьера Ароннакса. — Прим. изд.

ГЛАВА XI

Зрение и оптические обманы

Можно ли видеть через ладонь?

Всякий скажет, что нельзя, — а между тем, это не совсем так. Возьмите в левую руку свернутую из бумаги трубку, держите ее перед левым глазом и смотрите через нее на какой-

нибудь отдаленный предмет. При этом правую ладонь надо держать перед правым глазом так, чтобы ее край касался трубки; обе руки должны быть от глаза в 3—4 вершках. При таких условиях вы, к изумлению своему, убедитесь, что ваш правый глаз

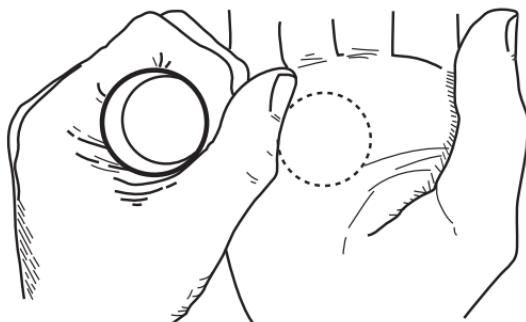


Рис. 130.
Отверстие в ладони.

видит сквозь ладонь, — как если бы в руке было сделано круглое отверстие (см. рис. 130).

Этот курьез находит себе объяснение в физиологии зрения. В данном случае ваш левый глаз был направлен через трубку на интересующий вас отдаленный предмет. Хрусталик этого глаза, автоматически приспособляясь, установился на этот отдаленный предмет. Но механизм приспособления глаза таков, что как устанавливается хрусталик одного глаза — точно так

же устанавливается и хрусталик другого глаза. В нашем опыте и правый глаз установился на далекое расстояние, вследствие чего изображение ладони он видит неясно. Словом, левым глазом мы ясно видим отдаленный предмет, правым — неясно видим руку. При соединении обоих изображений в сознании получается такое впечатление, словно мы видим отдаленный предмет через заслоняющую его ладонь.

Для чего надо «смотреть в оба»?

Выражение «смотри в оба!» кажется нам чисто фигуральным, не имеющим под собой реальных оснований. В самом деле, так ли уж важно смотреть непременно двумя глазами? Неужели одним глазом мы видим хуже, чем двумя?

Вместо ответа посоветуем читателю проделать такой опыт.

Привяжите к нитке кольцо и подвесьте его к столовой лампе; чтобы кольцо не вертелось, лучше подвесить его на двух нитках. Вооружитесь карандашом, в который перпендикулярно воткнута булавка. Теперь станьте так, чтобы кольцо видно было вам боком, и, закрыв один глаз, попробуйте ввести булавку в кольцо. Кажется, нехитрая задача, — однако

вы выполните ее разве лишь после десятой или даже после двадцатой попытки! Вы будете делать самые грубые ошибки

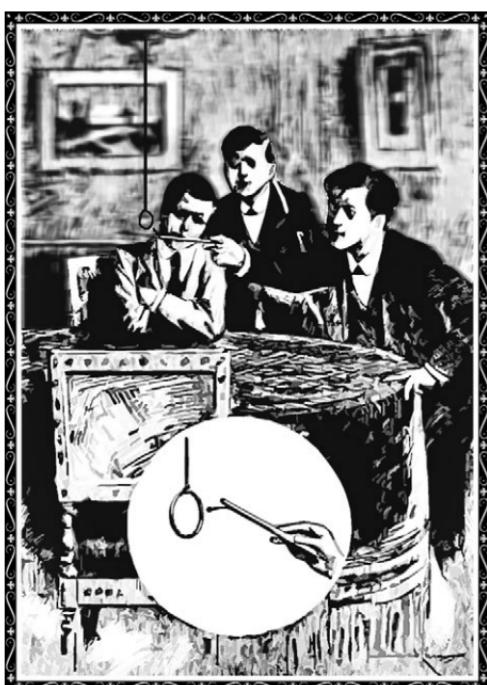


Рис. 131.
Игра в кольцо.

в оценке расстояния между вами и кольцом. Но стоит вам открыть правый глаз, чтобы сразу же исполнить требуемое.

Этот любопытный опыт, который можно видоизменять на самые разнообразные лады, лучше всяких рассуждений показывает, для чего нам нужно «смотреть в оба»: только зрение обоими глазами дает нам возможность правильно оценивать расстояния.

Но если так — спросит читатель, — то почему же стрелок целится всегда одним глазом, закрывая другой? Очень просто: при прицеле нам нужно точное знание не расстояния, а направления; другой глаз мешает правильно взять направление, и стрелок поступает вполне рационально, закрывая его.

Идея стереоскопа

Почему, собственно, мы видим предметы телесными, а не плоскими? Ведь на сетчатке нашего глаза получается плоское изображение. Каким же образом происходит то, что предметы представляются нам не в виде плоской картины, а рельефно, как тела трех измерений?

Здесь действует целый ряд причин — не столько физиологического, сколько психологического характера. Во-первых, различная степень освещения частей предметов позволяет нам судить об их форме. Во-вторых, большее или меньшее напряжение, которое мы ощущаем, когда приспособляем глаза к ясному восприятию различно удаленных предметов. Но самую большую услугу оказывает нам в этом отношении то, что мы смотрим не одним, а двумя глазами, при чем изображения, получаемые в каждом глазу от одного и того же предмета, неодинаковы. В этом легко убедиться, если смотреть на какой-нибудь близкий предмет, попеременно закрывая то правый, то левый глаз.

Обыкновенно мы мало обращаем внимания на это различие; нам кажется, что два глаза лишь расширяют поле нашего зрения — и только: существенной же разницы в зрении одним и двумя глазами мы не замечаем. Но это не так, и простой

опыт с кольцом, который мы только что описали, показал нам, как много мы выгадываем, смотря «в оба».

Итак, правый и левый глаз видят предметы неодинаково; в каждом рисуется иная картина, — и это-то различие, истолковываемое нашим сознанием, дает нам впечатление рельефа.

Теперь представьте себе два рисунка одного и того же предмета: первый изображает предмет, каким он кажется правому глазу, второй — левому. Если, приставив к глазам трубы, смотреть на эти изображения так, чтобы каждый глаз видел свой рисунок, то вместо двух плоских картин мы, при известном усилии воображения, увидим один выпуклый, рельефный предмет.

Перед нами зародыш того прибора, который так распространен ныне под названием стереоскопа*.

Но такой простейший стереоскоп

имеет существенный недостаток: чтобы каждым глазом видеть лишь одно изображение, нужно известное усилие глазных мускулов, а этого не все могут достигнуть. Надо, следовательно, как-нибудь облегчить слияние изображений; это достигается в прежних стереоскопах при помощи зеркал, а в новейших — при помощи стеклянных выпуклых призм: они преломляют лучи так, что при мысленном продолжении их оба изображения покрывают одно другое. Вот и все устройство стереоскопа. Как видим, идея его необычайно проста, и

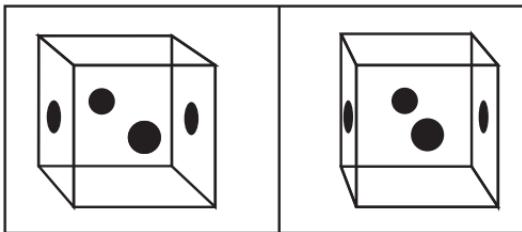


Рис. 132.

Как один и тот же кубик кажется правому и левому глазу. Если смотреть на рисунок так, чтобы каждый глаз видел лишь «свое» изображение, то кубик покажется телесным.

* Стереоскоп — бинокулярный прибор, на основе оптики, формирующий объёмное изображение посредством объединения отдельных изображений, поступающих от каждого глаза. Стереоскоп изобретен Чарльзом Уитстоном в 1837 г. Современными устройствами, использующими такой принцип — являются стереоскопические 3D-дисплеи. — Прим. изд.

тем более поразительным должен казаться нам эффект, достигаемый столь простыми средствами.

Но мы можем рассматривать в стереоскоп и такие рисунки, которые вовсе не изображают телесных предметов, или изображают предметы, обычно не кажущиеся нам рельефными. В этом кроется причина, сделавшая стереоскоп не только любопытной игрушкой, но и настоящим орудием исследования.

Как открывать подделки с помощью стереоскопа?

Имеется два совершенно одинаковых рисунка, например два равных черных квадрата. Рассматривая их в стереоскоп, мы увидим один квадрат, ничем не отличающийся от каждого из этих двух. Если в центре каждого квадрата будет белая точка, то и она, конечно, окажется на квадрате, видимом в стереоскопе. Но стоит эту точку на одном квадрате немножко сдвинуть в сторону от центра, чтобы получился довольно неожиданный эффект: в стереоскопе по-прежнему будет видна одна точка, но не на черном поле квадрата, а впереди или позади него. Достаточно, следовательно, ничтожной разницы в обеих картинах, чтобы вызвать с помощью стереоскопа впечатление перспективы и рельефа, даже если на самом деле их не существует. Оно и понятно: глаз наш привык, так сказать, истолковывать подобные различия только телесностью предметов и видит три измерения даже там, где в действительности всего два.

Это дает нам простой способ открывать подделки кредитных билетов и т. п. Стойте поместить в стереоскоп подозреваемую кредитку рядом с подлинной, чтобы сразу же открыть подделку, как бы искусна она ни была: ничтожное различие в одной букве, в одном штрихе прямо бросится в глаза, так как буква эта будет явственно выступать над остальным фоном.

Зрение великанов

Мало того: с помощью стереоскопа мы можем видеть рельефными и те предметы, которые обыкновенно, в силу отдаленности, не кажутся нам таковыми. Если предмет очень

далек, то нормальное расстояние между нашими глазами слишком ничтожно, чтобы оказывать какое-нибудь влияние на различие получаемых ими зрительных впечатлений. Поэтому далекие здания, горы, ландшафты кажутся нам плоскими. По той же причине и звезды на небе кажутся нам все на одинаковом расстоянии, хотя луна гораздо ближе, чем планеты, а последние неизмеримо ближе, чем неподвижные звезды.

Вообще, для предметов, которые дальше 200 сажен, мы совершенно утрачиваем способность воспринимать рельеф; они кажутся одинаковыми правому и левому глазу, так как тот вершок, который отделяет наши глаза друг от друга, — слишком ничтожное расстояние по сравнению с двумястами саженями. Понятно, что и стереоскопические рисунки и фотографии, полученные при подобных условиях, будут тождественны и не дадут иллюзии рельефа.

Но делу легко помочь: нужно только фотографировать далекие объекты с двух точек, расстояние которых больше, нежели взаимное расстояние между нашими глазами. Рассматривая полученные таким путем фотографии в стереоскоп, мы увидим рельефный ландшафт таким, как видели бы его, если бы расстояние между нашими глазами значительно превышало бы обычное. В этом весь секрет получения стереоскопических снимков ландшафтов. Обыкновенно их рассматривают через увеличительные призмы (с выпуклыми боками), так что подобные рельефные стереограммы нередко представляются нам еще и в натуральную величину: эффект почти волшебный!

Читатель, вероятно, догадался уже, что мыслимо устроить систему двух зрительных труб, посредством которых можно прямо видеть рельеф данного ландшафта в натуре, а не на фотографии. Такие приборы действительно существуют. Две трубы отделены расстоянием, большим, нежели нормальное расстояние человеческих глаз, и оба изображения попадают в глаза наблюдателя посредством призм, преломляющих лучи. Трудно описать ощущения, которые испытывают при наблюдении в подобные инструменты — до того они необычайны!

Вся природа преображается. Далекие горы становятся рельефными, каждое деревцо, скала, здание, корабль на море — все это круглится, все выпукло, все расставлено на безграничном просторе, а не лежит на плоской картине. Вы прямо видите, как движется далекое судно, кажущееся неподвижным в сильнейшие трубы. В таком именно виде должны были бы представляться наши земные ландшафты сказочным великанам...

Для землемеров, моряков, стратегов, путешественников эти бинокулярные зрительные трубы положительно незаменимы, особенно если они снабжены шкалой, при помощи которой можно измерять расстояния далеких предметов и составлять карты.

Вселенная в стереоскопе

Но если мы направим подобный прибор на небесные тела, то никакой иллюзии не получится. Этого и следовало ожидать: небесные расстояния чересчур громадны, чтобы перемещение наблюдателя на земной поверхности могло влиять на вид небесных объектов. В самом деле, что значит тот десяток дюймов, который отделяет друг от друга обе трубы описанного прибора, по сравнению с расстоянием от Земли до Луны? Даже если бы возможно было соорудить прибор с расстоянием между трубами в десятки и сотни верст, то и тогда он не дал бы никакого эффекта при наблюдении планет, удаленных от нас на десятки миллионов верст.

Здесь опять приходит на помощь стереоскопическая фотография. Если сфотографировать какую-нибудь планету, скажем, сегодня и затем вторично — завтра, то обе фотографии будут сняты с одного пункта Земли, но зато с разных точек пространства, — так как за сутки Земля успела передвинуться по орбите на 360 000 верст. Оба снимка, следовательно, не будут вполне тождественны. Остается лишь поместить их в стереоскопический прибор, чтобы увидеть рельефное изображение планеты.

Мы можем, следовательно, пользуясь движением Земли по ее орбите, получать снимки небесных тел с двух весьма от-

даленных точек мирового пространства и обращаться с ними, как со стереоскопическими. Представьте себе великана с такой гигантской головой, что расстояние между его глазами равно диаметру земной орбиты, т. е. 280 миллионам верст — и вы поймете, каких необычайных, почти чудесных результатов достигают астрономы с помощью небесной стереографии. То, что увидел бы этот космический великан, видим теперь и мы, ничтожные пылинки на небесном осколке — Земле...

Все небесные объекты предстают перед нами в новом виде. Юпитер рельефно круглится со своими спутниками впереди звездного фона, остающегося далеко позади планеты. Кольца Сатурна явственно телесны и отчетливо отделяются от плане-

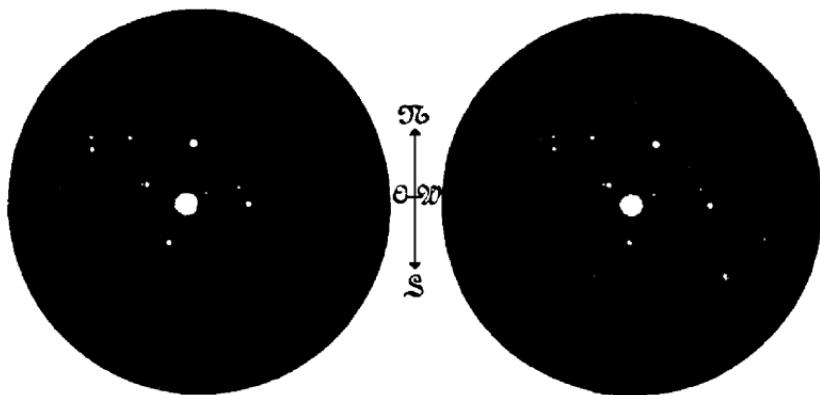


Рис. 133.

Стереоскопический снимок Сатурна в созвездии Змееносца. (Кольца незаметны, так как теряются в ярком свете планеты.)

ты. Лунные* горы, о высоте которых мы обыкновенно судим косвенно, по их теням, — выпукло и пластиично возвышаются на поверхности светила, которое само утрачивает вид плоского диска и явно круглится. Кажется, точно волшебный резец исполина-ваятеля оживил плоские, безжизненные глыбы.

* Как известно, Луна обращена к Земле всегда одной и той же стороной. Поэтому для получения стереографических снимков Луны нельзя пользоваться указанным здесь приемом. Но в этом случае астрономы искусно использовали те движения нашего спутника, которые известны под названием либрации.

Даже движения так называемых неподвижных звезд могут быть уловлены с помощью небесной стереографии. Если снять один и тот же участок звездного неба дважды, с достаточно продолжительным промежутком времени, то такие фотографии не будут вполне одинаковы, потому что за время, прошедшее между снимками, некоторые звезды успели передвинуться, изменить свое положение. Стереоскоп сразу укажет нам эти звезды, так как они будут выступать впереди общего фона. (Чтобы понять, почему это, — достаточно вспомнить пример с двумя черными квадратами, разобранный выше, на стр. 170.)

Таким же путем открывают теперь астероиды — те малые планеты, которые во множестве кружатся между орбитами

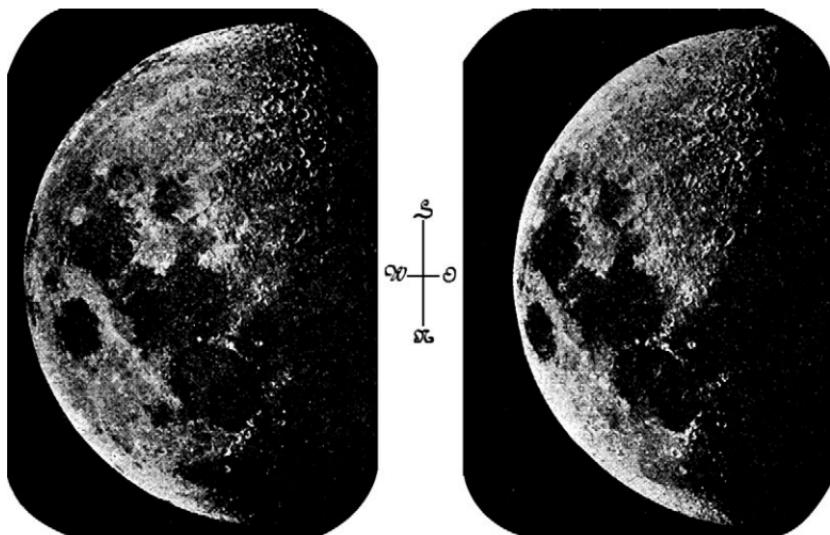


Рис. 134.

Стереоскопический снимок Луны. Луна представляется в стереоскоп такою, какою увидел бы ее великан с расстоянием между глазами в 100 000 верст, вооруженный трубой с 50-кратным увеличением.

Марса и Юпитера. Еще недавно нахождение их было делом случая: лишь случайно астроном, рассматривая целое облако звездной пыли, находил среди этих ярких точек ту, которая обладает собственным движением и представляет следователь-

но, не звезду, а планету. Теперь достаточно стереоскопически сравнить две фотографии данного участка неба, чтобы сразу заметить выступающие вперед астероиды, — если только они имеются на взятой пробе.

Стереоскопом улавливается не только различие в положении точек, но и различие в их яркости. Это дает астроному простой способ нахождения так называемых переменных звезд, т. е. таких, которые периодически меняют свой блеск. Если на двух снимках какая-нибудь звезда вышла неодинаково ярко, то стереоскоп сразу же укажет астроному эту изменившую свой блеск звезду.

Пробовали также стереоскопически фотографировать падающие звезды. Эффект получился изумительный: весь путь

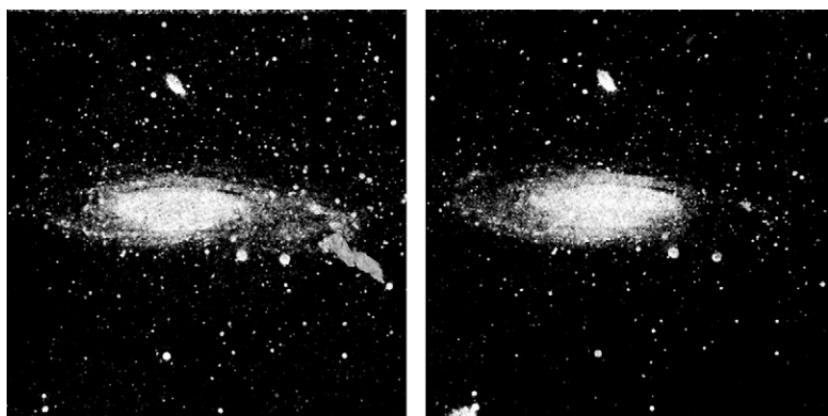


Рис. 135.
Стереоскопический снимок туманности Андромеды.

метеорита с полной отчетливостью вырисовывался впереди небесной сферы; глаз ясно видел, что метеорит пролетает гораздо ближе звезд и что это, собственно, земное, а не небесное явление.

Еще чудеснее прилагаемый здесь стереоскопический снимок туманности Андромеды. При рассматривании в стереоскоп она отчетливо обнаруживает свою рельефность и пластично выступает, вися в пространстве, на фоне звездной

пыли, — ландшафт, казалось бы, недоступный для глаз простого смертного.

И в самом деле, стереоскоп в данном случае словно уподобляет нас исполинам невероятных, невообразимых размеров. Вся наша солнечная система чересчур мала, чтобы дать простор, нужный для стереоскопического снимка этой туманности. Гигант, глаза которого помещались бы на концах диаметра земной орбиты, увидел бы эту туманность плоской, а не рельефной: так далека она от нашего мира!

А между тем стереограмма этой туманности получена! Астрономы воспользовались здесь тем, что наше Солнце не остается неподвижным в мировом пространстве, а мчится среди звезд, увлекая за собой и нашу Землю с прочими планетами. Значит, мы постоянно видим звездное небо все с новых и новых точек зрения, и по истечении достаточного промежутка времени различие это может сделаться заметным даже для фотографического аппарата. Оба снимка туманности Андromеды получены с промежутком времени в $4\frac{1}{2}$ года. За это время мы переместились в мировом пространстве на миллиарды верст, и снимки, снятые с обоих концов этого пути, заметно разнятся между собой. Рассматривая их в стереоскоп, мы уподобляемся гиганту, умеющему на ладони всю нашу солнечную систему...

В настоящее время астрономы заготовляют снимки с разных уголков Вселенной, чтобы спустя 10—20—30 лет снова сфотографировать те же объекты, когда, странствуя вместе с Солнцем по мировому пространству, мы переместимся на достаточное расстояние. Таким образом, со временем у нас накопится целая коллекция стереоскопических снимков разных уголков Вселенной, и мы сможем любоваться рельефными космическими ландшафтами...

Имена людей, впервые с успехом применивших стереоскоп к астрономии, заслуживают того, чтобы мы их знали и помнили. Это профессор Вольф (в Гейдельберге) и доктор Пульфрих (в Иене).

Изобличение рекрута

При медицинском осмотре рекрут заявляет, что ничего не видит правым глазом. Как убедиться, что рекрут не притворяется? На все вопросы врача он упрямо твердит, что ничего не видит правым глазом, и не поддается ни на какие уловки. Однако врач перехитрил его, и вот каким образом.

Если вы станете смотреть через красное стекло на надпись, сделанную красным по белому, то увидите ровный красный фон и только: никаких следов надписи вы не увидите, так как красные буквы сливаются с красным же фоном. Глядя через то же стекло на надпись, сделанную голубым по белому, вы отчетливо увидите черные буквы на красном фоне. Почему черные — легко понять: красное стекло не пропускает голубых лучей (оно оттого и красное, что пропускает только красные лучи); следовательно, на месте голубых букв вы должны увидеть отсутствие света — т. е. черные литеры.

Наконец, глядя через зеленое стекло, вы увидите и красную и голубую надписи; они покажутся вам черными, потому что зеленое стекло задерживает как красные, так и голубые лучи.

Этим свойством цветных стекол и воспользовался врач. На обеих сторонах белого картона он написал слово:

К Р У Г Л Ы И

Буквы К, У, Л, И он написал голубой краской, а остальные (Р, Г, Ы) — красной.

Кроме того, он подготовил очки, в которых одно стекло зеленое, а другое — красное.

Надев рекруту цветные очки так, чтобы зеленое стекло было против зрячего левого глаза, он показал ему надпись. Рекрут прочел «к р у г л ы и», как и следовало ожидать. Затем врач переложил очки так, чтобы зеленое стекло пришлось против мнимо-слепого правого глаза. Перевернув картон, он показал ему ту же надпись. Если бы правый глаз был действительно слеп, то рекрут, глядя на надпись через красное стекло, увидел бы только голубые буквы:

К У Л И

Он должен был прочесть слово «кули». Но, не подозревая, в чем кроется ловушка, рекрут снова прочел: «круглый» — чем и выдал себя. Впрочем, если бы он и знал это свойство цветных стекол, он и тогда был бы изобличен, так как не мог знать, какие буквы написаны какой краской: надпись показывалась ему только тогда, когда очки были надеты.

Анаглифы

На том же свойстве цветных стекол основано действие так называемых а н а г л и ф о в — картин, напечатанных особым образом и дающих тот же эффект, что и стереоскопические фотографии. В анаглифах оба изображения — соответствующие правому и левому глазу, — печатаются одн о на д р у г о м, но разными красками: голубой и красной.

Чтобы увидеть вместо двух цветных одно черное, но рельефное изображение, достаточно смотреть на них через цветные очки. Правый глаз через кра с н о е стекло видит только г о л у б о й отпечаток — т. е. именно тот, который отвечает правому глазу (он представится глазу не цветным, а черным). Левый глаз через г о л у б о е стекло видит только соответствующий ему кра с н ы й отпечаток. Каждый глаз видит лишь одно изображение и именно то, которое ему соответствует. Мы имеем здесь те же условия, что и в стереоскопе, и, следовательно, результат должен быть тот же: получается впечатление р е л ь е ф а*.

Почему на картины смотрят одним глазом?

На этот вопрос редко приходится слышать правильный и обстоятельный ответ. В самом деле, рельефность предметов выигрывает при рассматривании их двумя глазами; на этом и основаны изумительные эффекты стереоскопа. Между тем, картины, напротив, приобретают глубину именно тогда, когда смотрят на них одним глазом.

* В России такой прибор выпущен в продажу фирмой П. П. Сойкина под именем «стереохромоскопа» (двухцветного стереоскопа).

Здесь, однако, нет никакого противоречия; напротив, одно вытекает из другого. Когда мы смотрим двумя глазами на действительный ландшафт, то на сетчатках каждого глаза получаются не вполне одинаковый изображения. Когда же мы смотрим на плоскую картину, оба глаза получают совершенно одинаковые впечатления. Эта тождественность образов на обеих сетчатках обличает, так сказать, подделку: мы бессознательно чувствуем, что здесь что-то не так и что перед нами не настоящий ландшафт. Закрывая один глаз, мы имеем в своем распоряжении только один образ, — и у нас уже нет данных для раскрытия «подделки»; неудивительно, что при таком условии мы легче поддаемся иллюзии.

Иллюзия еще усилится, если мы не будем видеть перед собой ничего, кроме картины: ни потолка, ни пола, ни окружающих людей, ни рамки. Вот почему мы, закрывая один глаз, часто смотрим другим через сложенную в виде трубочки кисть руки.

Как видят близорукие?

Мир близорукого — совсем особый мир, и даже странно, что до сих пор так мало обращалось внимания на особенности зрительных впечатлений близоруких. Мы знаем, что близорукий видит плохо; но что он видит или как именно представляются ему предметы — об этом речь обычно не поднимается. Однако близоруких становится все больше, и пора познакомиться с тем, каким рисуется им окружающий мир.

Прежде всего, близорукий никогда не видит резких контуров: все предметы для него имеют мягкие, расплывчатые очертания. Человек с нормальным зрением, глядя на дерево, различает каждый отдельный лист, каж-



Рис. 136.

Каким представляется человеческое лицо нормальному и близорукому глазу.



Рис. 137

Вид улицы ночью для человека с нормальным зрением.

дую веточку, отчетливо вырисовывающиеся на фоне неба; близорукий же видит лишь бесформенную зеленую массу каких-то неясных фантастических очертаний; все мелкие детали для него пропадают.

Оттого-то для близоруких людей все человечески лица кажутся в общем моложе и привлекательнее, чем для нормального человека: морщины, прыщи, мелкие изъяны лица им не замечаются; грубо-красный цвет кожи (натуральный или искусственный) кажется ему нежно-румянным; на балу или в театре сильно напудренные пожилые женщины кажутся ему молодыми красавицами с бледно-мраморными лицами. Мы иногда удивляемся наивности своих знакомых, ошибающихся чуть не на 20 лет в определении возраста людей, поражаемся их дурным вкусом в оценке красоты, виним их в неучтивости, когда они смотрят нам прямо в лицо и словно не желают узнать... Все это часто происходит просто от близорукости; не зная всех особенностей их зрения, мы часто приписываем им такие недостатки, в которых они вовсе не-

повинны. Когда близорукий беседует с вами (без очков), он вовсе не видит вашего лица, — во всяком случае, видит не то, что вы предполагаете: перед ним какое-то неясное, расплывчатое видение, и нет ничего удивительного в том, что, встретив вас вторично через час, он не узнает вас. Большею частью близорукий узнает людей не по внешнему облику, а по звуку голоса: недостаток зрения обыкновенно восполняется у него изощренностью слуха.

Любопытная метаморфоза совершается для близорукого всякий раз, когда он одевает очки: все окружающие сразу стареют на 10—20 лет, благообразные старцы превращаются в дряхлых стариков, а большинство женщин мгновенно дурнеют...

Интересно также проследить за тем, каким рисуется близоруким людям мир ночью. При ночном освещении все более или менее яркие предметы, — фонари, лампы, освещенные окна и т. п. — разрастается для них до невероятных размеров, превращая картину в хаос бесформенных



Рис. 138.
Какой представляется та же улица близорукому.

ярких пятен и туманных, темных силуэтов. Вместо линии фонарей на улице они видят два-три огромных пятна, которые заслоняют для них всю остальную часть улицы. Приближающейся кареты они не различают; вместо нее они видят только два соприкасающихся ярких ореола (фонаря), а перед ними какую-то колыхающуюся массу (лошадь). Никакого суждения об относительных расстояниях всех этих предметов по таким смутным данным они составить себе не могут, и опасность, которой подвергаются близорукие в

ночное время на оживленных улицах, гораздо больше, чем обыкновенно думают.

Даже ночное небо имеет для близорукого совсем не тот вид, что для нормального глаза. Близорукий видит лишь звезды первых трех, много — четырех

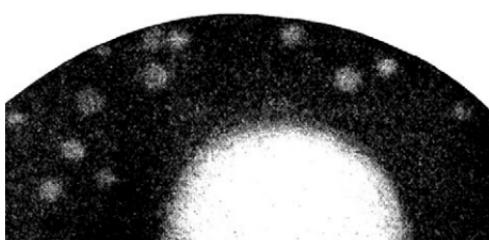


Рис. 139.

Какими представляются близорукому Луна и звезды.

величин; другими словами, вместо нескольких тысяч звезд ему доступны всего несколько сот их. Но зато эти немногие звезды кажутся ему крупными, яркими комьями света. Точно также и Луна кажется близорукому огромной и очень близкой; полумесяц же принимает для него какую-то замысловатую, фантастическую форму.

Высота вашей шляпы

Предложите вашему приятелю указать пальцем на стене, до какой высоты доходит его собственная шляпа, если поставить ее на пол. Когда он сделает это, поставьте действительно шляпу на пол: окажется, что высота ее чуть не вдвое ниже указанной!

Опыт особенно хорошо удается, если владелец шляпы сам не нагибается для указания высоты, а лишь говорит вам, в каком месте стены сделать пометку. Разумеется, опыт можно

проделывать не только с шляпой, но и с настольной лампой, книгой и т. п. предметами, которые мы обычно видим на уровне наших глаз.

Причина ошибки станет понятна, если вспомним, как сокращаются линии, когда мы смотрим на них вдоль.

Удлиненные надписи и картины

Вот еще один образчик подобного сокращения. Что означает воспроизведенный на рис. 140 странный узор? Как будто просто ряд линий, испещренных черными марашками. Но попробуйте взглянуть на него снизу так, чтобы взгляд ваш скользил вдоль линий. Вы без труда прочтете:

Ф И З И К А

Если бы эта надпись была сделана где-нибудь на очень высоком здании, то проходящие по улицам легко читали бы «физика» — даже не подозревая, какой странный вид имеет эта надпись, когда на нее смотрят с лица.

Вы можете сделать отсюда, между прочим, практический вывод, что вывески на верхних этажах домов должны состоять

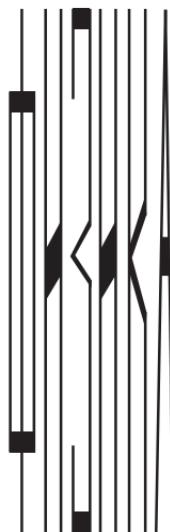


Рис. 140.
Загадочная
надпись.



Рис. 141.
Рисунок с удлиненными
линиями.



Рис. 142.
Тот же рисунок при рас-
сматривании снизу вверх.

из удлиненных букв, — иначе перспективное сокращение сплющит их до того, что они сделаются неподобчитаемы.

То же относится и к статуям, рисункам и разного рода лепным украшениям. Архитекторы, зная эту особенность нашего зрения, принимают ее в расчет при украшении очень высоких зданий и намеренно преувеличивают все вертикальные размеры статуй и картин. Так, если хотят, чтобы ландшафт, помещенный на высокой стене, рисовался наблюдателю в виде, изображенном на рис. 142, то должны придать ему довольно уродливый вид, вроде изображенного на рис. 141.

Размеры башенных часов

Ту ошибку, которую сделал ваш приятель при оценке высоты шляпы, мы делаем постоянно при определении размеров предметов, помещенных очень высоко. Мы всегда преуменьшаем величину статуй, поставленных на высоких колоннах



Рис. 143.

Часы Вестминстерского аббатства, поставленные на мостовую.

или украшающих фасады высоких домов. Особенно характерна ошибка, которую мы делаем при определении размеров башенных часов. Мы знаем, что они очень велики, — и все

же наше представление об их величине значительно ниже действительности. Прилагаемый рисунок изображает знаменитые часы Вестминстерского аббатства, перенесенные на Лондонскую улицу. Вы видите, что два трамвайных вагона, поставленные один на другой, не достигают высоты этих часов. Люди кажутся букашками в сравнении с ними. И взглянув на рисующуюся вдали башню аббатства, вы отказываетесь верить, что виднеющийся на них маленький белый квадрат есть именно эти часы.

Белое и черное

Взглядите издали на рис. 144 и скажите: сколько черных кружков могло бы поместиться в свободном промежутке между нижним кружком и одним из верхних кружков — четыре или пять? Скорее всего вы ответите, что четыре кружка уместятся свободно, но для пятого, пожалуй, места уже недостаточно. Когда же вам скажут, что в промежутке помещается ровно три кружка, не более, — вы не поверите. Возьмите же бумажку или циркуль и убедитесь, что вы неправы.

Эта странная иллюзия, в силу которой черные участки кажутся нашему глазу меньше, нежели белые такой же величины, носит название «иррадиации». Она зависит от несовершенства нашего глаза, который как оптический аппарат не вполне отвечает строгим требованиям оптики. Его преломляющие среды не дают на сетчатке тех резких контуров, которые получаются на матовом стекле хорошо настроенного фотографического аппарата: вследствие так называемой сферической aberrации каждый светлый контур окружается светлой каймой, которая увеличивает его размеры на сетчатой оболочке глаза. В итоге

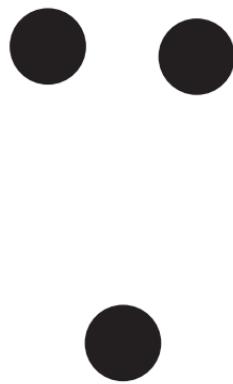


Рис. 144.

Пустой промежуток между нижним кружком и каждым из верхних кажется больше, нежели расстояние между наружными краями верхних кружков. В действительности же расстояния равны.

светлые участки всегда кажутся нам больше, чем равные им черные.

В своем «Учении о цветах» великий поэт Гёте, который был зорким наблюдателем природы (хотя и не всегда достаточно осмотрительным физиком-теоретиком), пишет об этом явлении так:

«Темный предмет кажется меньше светлого той же величины. Если рассматривать одновременно белый круг на черном фоне и черный круг того же диаметра на белом фоне, то последний нам покажется примерно на $\frac{1}{5}$ меньше первого. Если черный круг сделать соответственно больше, они покажутся равными. Молодой серп Луны кажется принадлежащим кругу большего диаметра, чем остальная темная часть Луны, которая иногда бывает при этом различима («пепельный свет» Луны. — Я. П.). В темном платье люди кажутся тоньше, чем в светлом. Источники света, видимые из-за края, производят в нем кажущийся вырез. Линейка, из-за которой появляется пламя свечи, представляется с зарубкой в этом месте. Восходящее и заходящее Солнце словно делает выемку в горизонте».

В этих наблюдениях все верно, кроме утверждения, будто белый кружок кажется больше равного черного всегда на одну и ту же долю. Прибавка зависит от расстояния, с какого кружок рассматривается. Сейчас станет понятно, почему это так.

Отодвиньте рис. 144 от глаз подальше, — иллюзия станет еще сильнее, еще поразительнее. Объясняется это тем, что ширина добавочной каймы всегда остается одинаковой, и если на близком расстоянии она увеличивала поперечник светлого участка всего на $\frac{1}{10}$, то на далеком расстоянии, когда изображение уменьшится, та же добавка будет составлять уже не $\frac{1}{10}$, а $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ его поперечника.

Той же особенностью нашего глаза объясняется странное свойство рис. 145. Рассматривая его вблизи, вы видите множество белых кружков на черном поле. Но отодвиньте книгу подальше и взгляните на рисунок с расстояния 2—3 аршин —

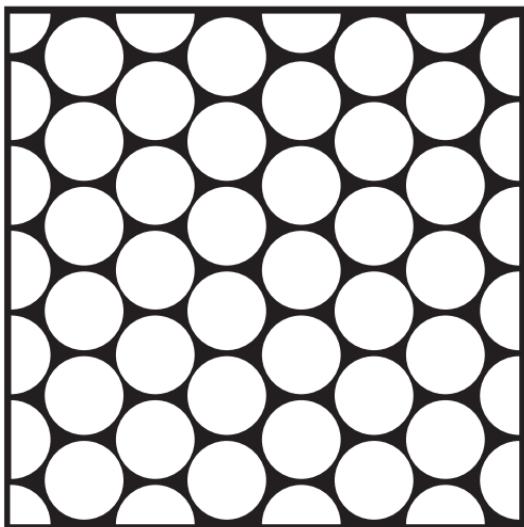


Рис. 145.
Издали кружки кажутся шестиугольниками.

фигура заметно изменит свой вид: вы вполне отчетливо увидите на ней вместо кружков белые шестиугольники.

Какая буква чернее?

Рис. 146 дает возможность познакомиться с другим несовершенством нашего глаза — «астигматизмом». Из четырех букв этой английской надписи вам не все кажутся одинаково черными; заметьте, какая из них всего чернее, и затем поверните рисунок боком. Произойдет неожиданная метаморфоза: самая черная буква станет серой, и чернее всех прочих будет казаться уже другая буква.

На самом же деле все четыре буквы одинаково черны; они только различным образом заштрихованы: *E* — вертикально, *A* — горизонтально, *R* и *D* — косо. Если бы наш глаз был так же совершенно устроен, как до-



Рис. 146.
Какая из этих букв чернее остальных?

рогие стеклянные объективы, — то направление штрихов не отразилось бы на черноте букв. Но глаз наш по различным направлениям имеет не вполне одинаковые радиусы кривизны, а потому не может сразу одинаково отчетливо видеть и вертикальные, и горизонтальные, и косые линии.

Редко у кого глаза совершенно свободны от этого недостатка, а у некоторых людей астигматизм достигает такой сильной степени, что серьёзно мешает зрению; таким лицам приходится употреблять специальные очки.

Рис. 147 также пригоден для обнаружения астигматизма: если всматриваться в него, не изменяя положения головы, то не все секторы кажутся одинаково черными; при повороте круга на 90° черные секторы сереют, а прежние серые становятся густо-черными.

У нашего глаза есть и другие органические недостатки, которых оптики умеют избегать при изготовлении приборов. Знаменитый Гельмгольц выразился по поводу этих недостатков так:

«Если бы какой-нибудь оптик вздумал продать мне инструмент, обладающий такими недостатками, я счел бы себя вправе самым резким образом выразиться о небрежности его работы и возвратить ему его прибор с протестом».

Кроме этих иллюзий, которые обусловлены известными недостатками строения, глаз наш подвержен целому ряду других обманов, имеющих иное объяснение.

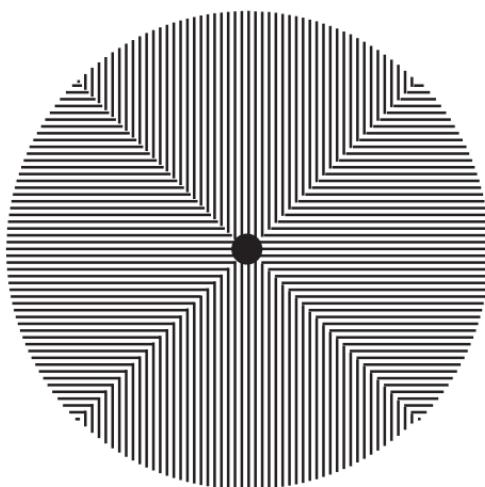


Рис. 147.
Черные и серые секторы.

Живые портреты

Многим, вероятно, случалось замечать, что портреты иногда словно следят за зрителем, поворачивая глаза в ту сторону, куда он переходит. Эта любопытная особенность «живых портретов» кажется загадочной и даже пугает нервных людей. А между тем, это не что иное, как опять-таки иллюзия зрения. Дело объясняется здесь тем, что зрачки таких портретов нарисованы посередине глаз, — то есть в положении, в каком они бывают только у человека, смотрящего прямо на вас. Когда вы отходите в сторону, зрачки, конечно, не меняют своего положения: они остаются в центре глаз; а так как все лицо вы продолжаете видеть в прежнем положении, то вам и кажется, что портрет, следя за вами, повернул голову.

Стрелок, изображенный на рис. 148, целится прямо в вас. Вы можете отходить от него насколько угодно вправо или влево — он повернет револьвер в вашу сторону. Здесь та же иллюзия зрения: откуда бы вы ни смотрели — дуло револьвера закрывает собой его ствол, а это возможно лишь тогда, когда оружие направлено прямо вам в лицо. Оттого-то вам и кажется, что стрелок неизменно держит вас под дулом своего револьвера.



Рис. 148.
Куда бы вы ни встали, — стрелок целился прямо в вас.

Загадочный крест

На рис. 149 вы видите налево выпуклый крест, направо — такой же крест, но вдавленный. Теперь переверните книгу «вверх ногами». Происходит метаморфоза: выпуклый крест превращается во вдавленный, и наоборот... Всмогревшись в

рисунок, вы увидите, что и выпуклый и вдавленный кресты изображены совершенно одинаково, но один рисунок перевернут по отношению к другому.

Этот курьезный оптический обман объясняется тем, что мы привыкли видеть предметы освещенными сверху. Оба креста мы тоже считаем освещенными сверху, и соответственно этому истолковываем тени. Перевернув рисунок, мы как бы меняем расположение теней относительно воображаемого источника света, — отсюда и превращение выпуклого креста во вдавленный.

Мы могли бы достичь того же эффекта и не переворачивая рисунка: стоит только, глядя на левый рисунок, вообразить себе источник света внизу, чтобы увидеть не выпуклый,

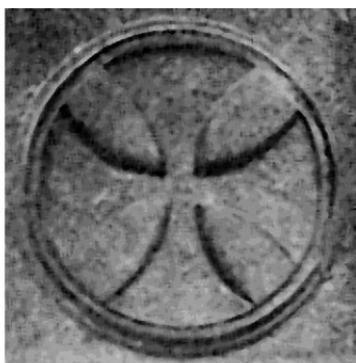
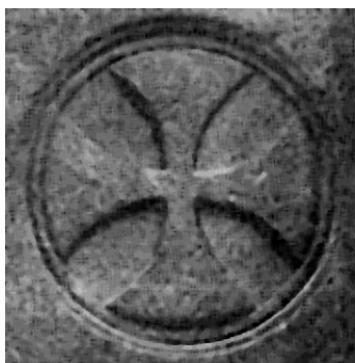


Рис. 149.
Выпуклый и вдавленный кресты.

а вдавленный крест. Но сила привычки так велика, что воображение не в состоянии с ним справиться; только постепенно поворачивая рисунок, можно добиться того, чтобы видеть левый крест вдавленным, да и то лишь на короткое время.

Воткнутые прямые и другие обманы зрения

Начерченная на рис. 150 группа прямых линий не представляет на первый взгляд ничего особенного. Но попробуйте, закрыв один глаз, смотреть на эти линии так, чтобы луч зрения скользил вдоль них (для этого надо держать книгу на

уровне глаза). Вам покажется, что линии не начерчены на бумаге, а воткнуты в нее стоймя, как булавки на подушке.

Эта иллюзия объясняется законами перспективы: линии начерчены так, как должны были бы проектироваться на бумагу воткнутые иглы, если смотреть на них описанным выше образом.

Если бы глаз наш не был способен поддаваться никаким обманам, — то не существовало бы живописи, и мы лишены были бы всех наслаждений изобразительных искусств. Художники широко пользуются обманами зрения, и, в сущности, всякая картина есть сложный оптический обман.

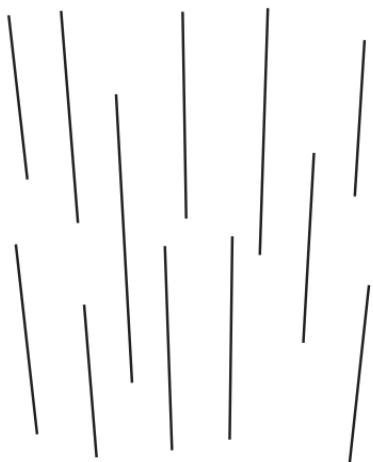


Рис. 150.
Смотрите на этот рисунок так, чтобы взгляд ваш скользил вдоль линий.

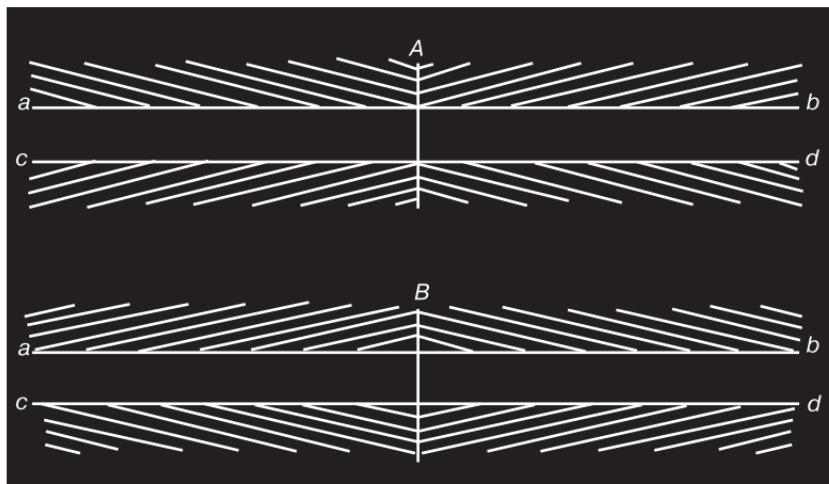


Рис. 151.
Линии ab и cd параллельны, хотя этому нелегко поверить.

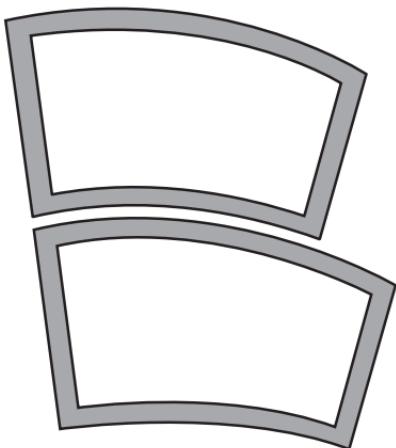


Рис. 152.

Нижняя фигура кажется длиннее верхней, а между тем — они равны.

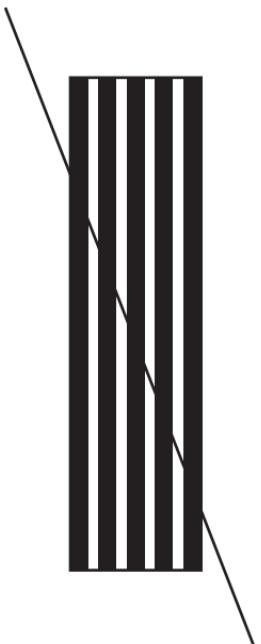


Рис. 153.

Тонкая линия кажется изломанной, хотя она совершенно прямая.

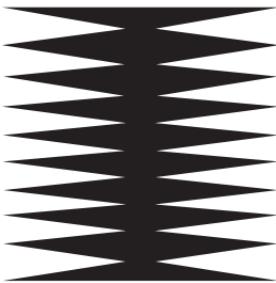


Рис. 154.

Длина этой фигуры равна её ширине.

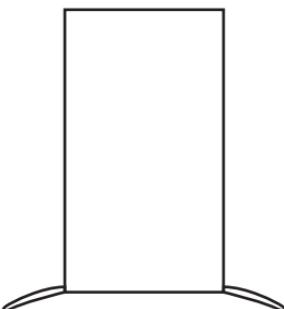


Рис. 155.

Высота этой шляпы в точности равна расстоянию между краями её полей.

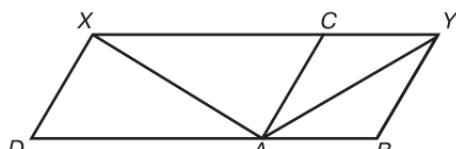


Рис. 156.

Кажется невероятным, чтобы AX равнялось AY , — а между тем, это так.



Рис. 157.

Буквы этой надписи кажутся наклоненными в разные стороны: буква *L* — откинута налево, буква */* — направо и т. д. Между тем, все четыре буквы начерчены строго вертикально.

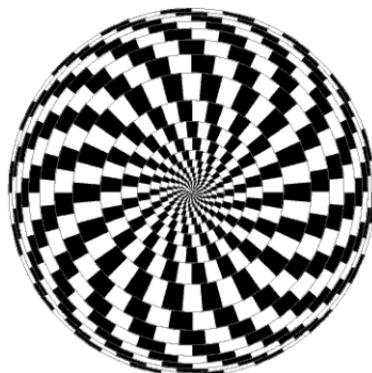


Рис. 158.

На рис. 158 вы видите спиральную линию, не правда ли? Поставьте же острие карандаша на одну из ветвей спирали и ведите им по ней. Вы будете кружиться, не приближаясь и не удаляясь от центра! Перед вами — ряд окружностей.

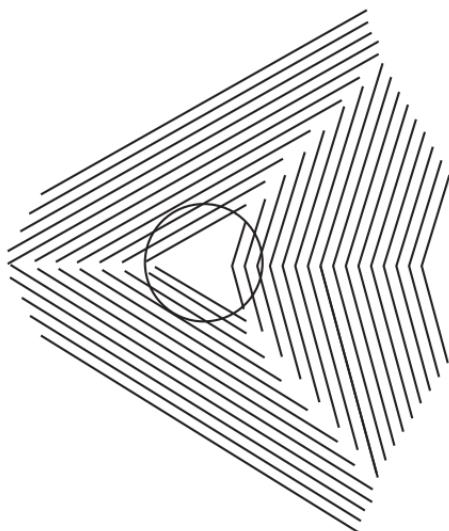


Рис. 159.

На рис. 159 также изображена правильная окружность, хотя глаз и видит здесь нечто совершенно иное.

ГЛАВА XII

Звук

Как разыскивать эхо?

Среди произведений Марка Твена есть уморительный рассказ о злоключениях одного господина, получившего от своего дяди в наследство великолепную коллекцию... чего бы вы думали? Эхо! Чудак систематически скупал те участки земли, где легко воспроизводилось эхо. За звучное, отчетливое эхо, особенно многократное, эксцентричный янки платил сотни и тысячи долларов.

Не станем повторять здесь тех невероятных курьезов, которые даровитый «король смеха» сумел создать на этой почве. Заметим только, что найти «хорошее» эхо не так легко, как кажется.

Мы, русские, в этом отношении можем считать себя в привилегированном положении: у нас много равнин, окруженных лесами, и полян в лесах; стоит громко крикнуть на такой поляне, чтобы от стены леса донеслось более или менее отчетливое, далеко слышное эхо.

Но наши зарубежные соседи, живущие большую частью в неровных, горных местностях, не так счастливы в отношении эха. Услышать эхо в горной местности труднее, чем на равнине, окаймленной лесом.

Маленькое отступление в область теории звука поясним, в чем тут дело. Эхо есть не что иное, как возвращение звуковых волн, отразившихся от какого-либо препятствия; при этом, как и при отражении света, угол падения «звукового луча»

(т. е. направления следования звуковых волн) равняется углу его отражения.

Помня это, вообразите, что вы находитесь на пункте *A* (рис. 160) у подножия горы, а препятствие, долженствующее

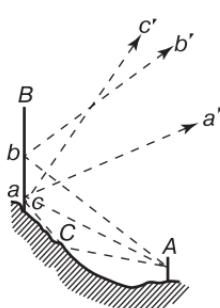


Рис. 160.
Эхо отсутствует.

отразить звук, помещается выше вас, в пункте *B*. Легко видеть, что звуковые волны, распространяющиеся по линиям *Acc'*, *Aa*, *Ab*, — отразившись, не достигнут вашего уха, а рассеются в пространстве по направлению *aa'*, *c'c''*, *bb'*. В гораздо более благоприятных условиях вы будете находиться, если поместитесь на уровне препятствия, или даже чуть выше его (рис. 161). Слабая углубленность почвы между обоими пунктами еще более способствует отчетливости эхо.

Звук, идущий по направлению *Aa* или *Ab*, возвратится к вам по ломанным линиям *aa'A* или *b'b''A*, отразившись от почвы один или два раза. Напротив, если почва между пунктами *A* и *B* выпукла, эхо будет слабое или даже совсем не достигнет уха наблюдателя.

Словом, разыскивание эхо на неровной местности требует известного искусства, известной сноровки (так что идея Тверновского коллекционера не является вполне сумасбродной). Даже найдя место, благоприятное для эхо, надо еще уметь вызвать последнее. Прежде всего, не следует помещаться чрезчур близко к препятствию: необходимо, чтобы звук прошел довольно длинный путь, иначе эхо вернется слишком рано и сольется с самим звуком, — т. е. не будет услышано отдельно. Зная, что звук проходит 160 сажен в секунду, легко понять, что, стоя на расстоянии 40 саженей от препятствия, вы услышите эхо ровно через полсекунды после звука.

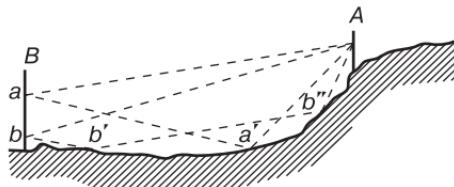


Рис. 161.
Отчетливое эхо.

Чем резче, отрывистее звук, тем отчетливее эхо. Лучше всего вызывать эхо хлопаньем в ладоши. Звук человеческого голоса для этого менее пригоден, особенно голос мужчин; высокие тоны женских и детских голосов дают более явственное эхо.

Звуковые зеркала

В сущности, стена леса, отразившая эхо, есть не что иное, как з в у к о в е з е р к а л о: она действует на звук совершенно так же, как плоское зеркало — на свет.

Существуют не только плоские звуковые зеркала, но и сферические. Вогнутое звуковое зеркало действует так же, как рефлектор: оно сосредоточивает «звуковые лучи» в своем фокусе.



Рис. 162.

Звуковые вогнутые зеркала.

Две глубокие тарелки дают вам возможность проделать один из любопытнейших акустических опытов. Поставьте одну тарелку на стол, а в некотором расстоянии от её дна держите карманные часы. Другую тарелку держите у головы, на некотором расстоянии от уха, — как изображено на рисунке 162. Если положение часов, уха и тарелок найдено правильно (это удается после ряда проб), — вы услышите тиканье часов, как бы исходящее от той тарелки, которую вы держите в руке. Иллюзия усиливается, если закрыть глаза: тогда по слуху положительно нельзя определить, в какой руке у вас часы — в правой или левой.

Тот же опыт можно проделать в большом масштабе, пользуясь двумя дождевыми зонтиками. Смоченная ткань хорошо отражает звуки, почти вовсе не пропуская их. Поэтому мокрый раскрытый зонтик является довольно хорошим звуковым рефлектором. Разместите два смоченных зонта на некотором расстоянии друг от друга, обратив их вогнутыми сторонами друг к другу и так, чтобы они имели общую «акустическую

ось» — попросту говоря, чтобы стержни их лежали на одной прямой. Станьте в главном фокусе одного зонта, а товарища поместите в фокусе другого. Теперь вы можете разговаривать друг с другом едва внятным шепотом, между тем как третье лицо, помещающееся между вами, ничего не услышит.

Этот своеобразный телефон будет действовать только до тех пор, пока материя зонтиков не высохнет: сухая ткань звука не отражает.

Оракул

Вы можете придать последнему опыту гораздо большую эффектность и даже таинственность, обставив его несколько иначе. Поставьте оба зонта в разных концах залы, разделив их легким занавесом из совершенно сухой ткани. Сухая материя хорошо проводит звук, не отражая его; следовательно, перегородка не нарушит действия вашего телефона. Впрочем, вам достаточно лишь замаскировать присутствие одного из зонтов и стоящего возле него вашего соучастника; можно ограничиться самой легкой драпировкой.

В фокусе другого зонта поместите статуэтку. Это и будет «оракул». Ваши гости — разумеется, не посвященные в тайну опыта, — могут поочередно подходить к «оракулу» и шепотом задавать ему вопросы. К величайшему их изумлению, статуэтка шепотом же даст им вполне осмысленные ответы, — иногда весьма язвительные и остроумные, смотря по находчивости вашего соучастника.

К сведению застенчивых людей

Когда застенчивому человеку приходится в гостях есть твердые сухари, подаваемые к чаю, он обыкновенно заметно конфузится. Страшный шум, который он производит, грызя сухарик, приводит его в смущение. Смущение увеличивается еще тем, что соседи грызут те же сухари без заметного шума, — и застенчивый человек не понимает, как они ухитряются избегнуть конфузящего его грохота.

Мы можем успокоить таких застенчивых людей. Страшный шум и грохот существуют лишь в их собственных ушах и никак не беспокоят ушей их соседей. Дело в том, что кости черепа, как и всякие твердые тела, обладают способностью усиливать звуки, иногда до чрезвычайных размеров. Треск ломающегося сухаря, доходя до уха через воздух, воспринимается, как легкий шум; но тот же треск превращается в оглушительный грохот, если доходит до нас через толщу твердого тела (челюстей, костей черепа).

Вы легко можете убедиться в этом, проделав такой опыт: привяжите ложку к середине бечевки, а оба свободных конца её прижмите к ушам. Теперь, раскачивая ложку, ударяйте ею о стол — вы услышите гул как бы церковного колокола.

Что такое раскаты грома?

Со времён Франклина известно, что молния — это гигантская электрическая искра, а гром — сопровождающий ее треск. Однако кто наблюдал электрические искры, тот, вероятно, заметил, что треск её по характеру не похож на гром: в треске искры не наблюдается столь характерных для грома раскатов. Почему гром длится так долго (5—8 секунд, между тем как молния длится менее тысячной доли секунды) и почему он грохочет то усиливаясь, то ослабляясь — вот вопросы, которые интересно рассмотреть.

Причина кроется в двух обстоятельствах: в большой длине молнии и в медленности распространения звука. Молнии достигают часто нескольких верст длины. Если ближайший конец молнии находится от вас на расстоянии одной версты, а дальний — на расстоянии пяти верст, то первый удар грома вы услышите спустя три секунды после молнии (звук проходит $\frac{1}{3}$ версты в секунду). Когда же гром замолкнет? Тогда, когда до вас дойдет звук от дальнейшего конца, отстоящего за 5 верст, — т. е. через 15 секунд. Итак, вы будете слышать гром в продолжение $15 - 3 = 12$ секунд, — хотя на самом деле он продолжался, быть может, лишь $\frac{1}{10}$ секунды.

(Любопытно отметить здесь сходство этого явления с тем, что описано в главе «По волнам бесконечности». Только в данном случае движется не наблюдатель, а самый источник звуковых колебаний: он как бы удаляется от наблюдателя со скоростью звука.)

Теперь понятно, почему гром длится так долго. Непонятными остаются его раскаты, попеременные усиления и ослабления звука. Но и это станет ясно, если вспомнить, что

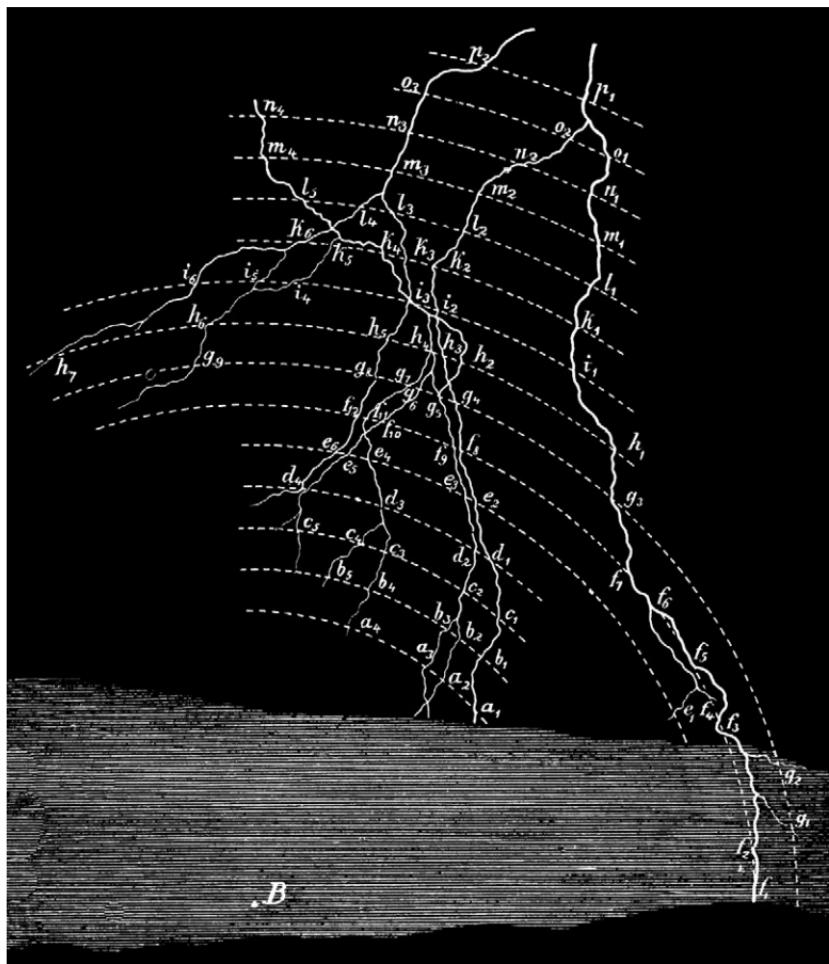


Рис. 163.
Рисунок, объясняющий происхождение раскатов грома.

молния не имеет вида прямой линии, а изламывается многочисленными изгибами. На рис. 163 изображена молния (по фотографическому снимку), и мы воспользуемся ею, чтобы определить, что должен слышать наблюдатель, находящийся в точке B , если источником звука является каждая точка разветвленной молнии. Для этого опишем из точки B , как из центра, ряд концентрических дуг, пересекающих молнию. Прежде всего до уха наблюдателя дойдут одновременно звуки из точек a_1, a_2, a_3 и a_4 ; эти четыре звука сольются в один громкий звук. Затем наблюдатель услышит сумму 5-ти звуков: из b_1, b_2, b_3, b_4 и b_5 ; он будет по силе не равен предыдущему. Затем придет звук $c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5$. Потом звук $d_1 + d_2 + d_3 + d_4$, — и так далее. Если вы далее проследите за этим процессом, — вы убедитесь, что звуки будут неправильно изменяться в силе, то нарастая, то снова ослабляясь, пока, наконец, не затихнут совершенно.

Эхо облаков и взаимодействие звуковых волн еще более разнообразят характер громовых раскатов.

Если бы звук распространялся быстрее, гром длился бы гораздо менее; если бы, например, скорость звука равнялась скорости света, — то гром длился бы одно мгновение.

Водяной микрофон

Микрофонами называются приборы, усиливающие весьма слабые звуки. Они играют в акустике ту роль, какую в оптике играют микроскопы. Вероятно, всем знаком электрический микрофон, употребляемый при телефонах. Но едва ли многие знают, что можно устроить усилитель звука с помощью водяной струи, без всякого электрического тока. Такой водяной микрофон гораздо проще электрического, хотя и не так удобен. Вот как онстроен.

Струя воды, вытекающая с большой силой через узкое отверстие ($1/2$ миллиметра) в наконечнике каучуковой трубы, направлена прямо на каучуковую перепонку, которая натянута на отверстие вертикально поставленной стеклянной трубы (толщиной в 1 сантиметр). Пока отверстие наконечника

близко к упругой перепонке, никакого звука не слышно. Но при поднятии наконечника трубы над перепонкой, т. е. при удлинении водяной струи, слышится явственный шум. Легко понять причину этого звука: длинная струя состоит из ряда утолщений и сжатий; она, следовательно, надавливает на перепонку с различной силой и приводит ее в колебательное движение; короткая же струя, будучи сплошной, не колеблет перепонки, а лишь натягивает ее. Шум можно усилить, если приставить к отверстию наконечника каучуковой трубы деревянную дощечку.

Если убрать деревянную дощечку и вместо неё приставить к отверстию каучуковой трубы обыкновенные карманные часы, то тиканье их вызовет соответствующие перерывы струи: последняя, ударяя в перепонку, сообщает ей те же колебания, но значительно усиленные. Слабое тиканье часов усиливается до того, что его можно слышать на другом конце довольно обширной залы.

Вместо конуса можно надевать каучуковую трубку, прикладываемую к уху, — тогда звуки становятся прямо оглушительными «и начинают, — по словам физика Бойса, — походить скорее на удары молота о наковальню, чем на тиканье карманных часов».

Остается сделать несколько технических замечаний. Вода из верхней трубы должна вытекать, как сказано, с большой силой: это достигается тем, что резервуар, питающий труб-

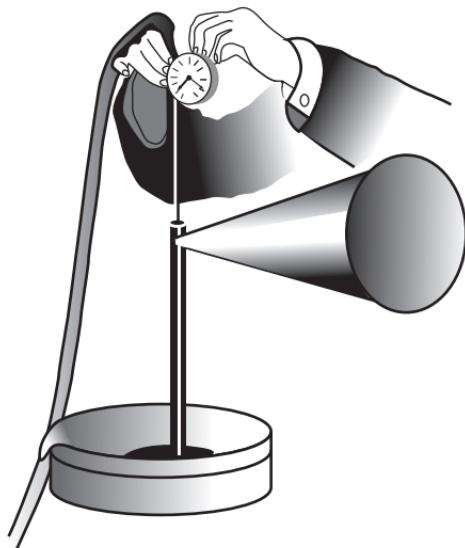


Рис. 164.
Струя воды в роли микрофона.

ку, помещается очень высоко, — если можно, аршин на 6—7 выше отверстия трубы. Далее, вода должна быть совершенно чиста, поэтому лучше всего ее профильтровать через вату. В качестве перепонки для стеклянной трубы хорошо может служить каучуковая оболочка, употребляемая для детских воздушных шаров.

Описанный опыт принадлежит американскому физику Чичистеру Белю, двоюродному брату Грагама Беля, изобретателя телефона. Мы заимствуем его описание у Бойса, автора книги «Мыльные пузыри», на которую нам уже приходилось ссылаться. По словам этого физика, можно даже заставить водяной микрофон играть мелодию; для этого прикладывают к трубке длинный стержень, упирающийся другим концом в музыкальный ящик, обернутый в двойную фетровую оболочку: когда струя ударяет в перепонку, звуки музыкального ящика слышны всей аудитории.

Обманы слуха

Возможен ли обман слуха, сходный с обманом зрения? Вполне возможен. Если мы вообразим, что источник какого-нибудь легкого шума находится не вблизи нас, а значительно дальше, — то звук будет казаться нам гораздо громче. Подобные иллюзии слуха случаются с нами довольно часто; мы только не всегда обращаем на них внимания.

Вот, например, любопытный случай, который описал в своей «Психологии» американский философ Вильям Джемс:

«Однажды, поздно ночью, я сидел и читал; вдруг из верхней части дома раздался страшный шум, прекратился и затем через минуту снова возобновился. Я вышел в зал, чтобы прислушаться к шуму — но он там не повторялся. Как только я успел вернуться к себе в комнату и сесть за книгу, снова поднялся тревожный, сильный шум, точно перед началом бури или наводнения. Он доносился отовсюду. Крайне встревоженный, я снова вышел в зал, и снова шум прекратился. Вернувшись во второй раз к себе в комнату, я вдруг открыл, что шум

производила своим храпом маленькая собачка, шотландская такса, спавшая на полу.

При этом любопытно то, что раз обнаружив истинную причину шума, я уже не мог, несмотря на все усилия, возобновить прежнюю иллюзию».

Вероятно, каждый читатель сможет припомнить подобные же случаи из своей жизни.

Где стрекочет кузнечик?

Не только расстояние, но и направление, в каком находится звучащий предмет, часто определяется нами совершенно ошибочно.

Вот опыт, который может нас многому научить. Посадите кого-нибудь посреди комнаты с завязанными глазами и попросите его сидеть спокойно, не поворачивая головы. Затем, взяв в руки две монеты, стучите ими одна о другую в разных местах комнаты, оставаясь все время в той вертикальной плоскости, которая пополам рассекает голову вашего гостя, проходя между его глазами.

Испытуемый должен при этом указывать место, где щелкнули монеты. Результат получается прямо невероятный. Звук произведен в одном углу комнаты, а испытуемый указывает на совершенно противоположную точку, и т. д.

Если вы отойдете от плоскости симметрии, то ошибки будут уже не так грубы. Оно и понятно: теперь звук в ближайшем ухе слышен громче, чем в другом, и это дает испытуемому некоторое указание относительно местонахождения звучащего тела. (Этот опыт впервые произведен был в 1874 г. на заседании Британской Ассоциации Наук.)

После этого станет понятно, почему не удается заметить стрекочущего в траве кузнечика. Резкий звук раздается в двух шагах от вас, тут же, справа от дорожки. Вы смотрите туда, — но ничего не видите. Между тем звук явственно доносится слева. Вы поворачиваете голову туда — но не успели вы это сделать, как тот же звук уже доносится из какого-нибудь третьего места. Это поразительное проворство кузнечика способо-

но привести вас в недоумение, — и чем быстрее вы поворачиваетесь в сторону звука, тем быстрее совершаются скачки кузнечика.

На самом деле, однако, насекомое спокойно сидит на одном месте, и его изумительные скачки — плод вашего воображения, следствие обмана слуха. Ваша ошибка в том, что вы поворачиваете голову на звук, т. е. помещаете ее так, чтобы кузнечик находился в плоскости симметрии вашей головы. При таком условии, как вы уже знаете, ошибиться в направлении звука очень легко: стрекотание кузнечика раздается впереди вас, но вы по ошибке относите его в совершенно противоположную сторону.

Отсюда практический вывод: если вы хотите определить, откуда доносится звук кузнечика, кукование кукушки и т. п. неопределенные звуки — не поворачивайте головы на звук, а, напротив, отворачивайте ее в сторону. Мы, собственно, так и делаем, когда, как говорится, «настораживаемся».

Трамвай в роли барометра

Как известно, влажный воздух гораздо лучше проводит звук, нежели сухой; во влажном воздухе звуки слышнее, чем в сухом. На этом основан оригинальный способ пользования шумом трамвая для грубой оценки степени влажности воздуха. Если вы слышите шум мчащегося трамвая уже с далекого расстояния, — значит, в воздухе много влаги, и есть основание ожидать дождя. Если вы уловите стук колес лишь на более близком расстоянии, — значит, воздух сух, и тем в большей степени, чем дальше вам приходится дожидаться отчетливого стука: это знак, что ясная погода продержится долго.

Как ни грубы эти приметы, наблюдательный человек может пользоваться ими довольно успешно. За отсутствием в городе трамвая, можно пытаться предсказывать погоду и по шуму обыкновенной пролетки.



О ГЛАВЛЕНИЕ

**Выдающийся популяризатор
науки.**
В. П. Глушко 3

ПРЕДИСЛОВИЕ 7

ГЛАВА I Сложение и разложение движений и сил

Когда мы быстрее движемся вокруг Солнца — днем или ночью? 9
Загадка тележного колеса 10
Какая часть велосипеда движется медленнее всех других? 12
Загадка железнодорожного колеса 12
Откуда плывет лодка? 13
Можно ли поднять человека на семи пальцах? 15
Графин с водой поднять соломинкой 16
Проткнуть монету иглой 17
Почему заостренные предметы колючий? 17

ГЛАВА II Сила тяжести. Рычаг. Весы

Вверх по уклону 19
Вопреки силе тяжести 20
Неожиданный результат 21
Можно ли послать ядро на Луну? 22
Как Жюль Верн описал путешествие на Луну, и как оно должно было бы происходить в действительности 25
Необыкновенная тележка 29
Веревочные весы 31

Как на неверных весах взвесить верно 32
Как взвешивать, не имея гирь? 33
Вечное движение 35
«Чудо — и не чудо» 36

ГЛАВА III Вращательное движение

Трудная задача 38
Как отличить вареное яйцо от сырого? 39
Центробежная карусель 41
Сжатие земного шара 43
Можем ли мы переместить олиосы Земли? 44
Задача о падающей кошке 47

ГЛАВА IV Борьба с пространством

Как мы ходим? 51
Надо ли с конки прыгать вперед? 52
С какой быстротой мы движемся? 54
Машины, обгоняющие Солнце 55
Скорость дирижаблей и аэропланов 57
Быстрота мысли 58
Отчего происходят автомобильные несчастья? 58
Как быстро движутся животные? 59

ГЛАВА V Сопротивление среды

Почему взлетает бумажный змей? 61
Животные-аэропланы 62
Аэроплан (планер) у растений 63
Бумеранг 66

ГЛАВА VI **Свойства жидкостей**

Стакан и ведро одинаково давят!	70
Давление жидкости снизу вверх	71
Весы для писем	73
Свеча в воде	74
Копейка, которая в воде не тонет	75
Что тяжелее?	76
Вулкан в стакане воды	77
Магическое наполнение бутылки	78
Образование миров	79
Жидкости в Жюль-Верновском ядре	81
Как выйти сухим из воды?	82
Как носить воду в решете?	83
Мнимый «вечный двигатель»	83
Опыты с надломанными спичками	85
Самодвижущиеся фигуры	86
Мыльные пузыри	87

ГЛАВА VII **Свойства газов**

Однаково ли весят пуд воды и пуд железа?	94
Как поднять тяжелый груз простым дуновением?	95
Непослушная пробка	95
Неиссякаемая пойлушка	97
Еще способ выйти сухим из воды	98
Сложное объяснение простого явления. Пульверизатор	99
Недоумение автора	101
Как мы пьем?	102

ГЛАВА VIII **Теплота**

Когда Николаевская дорога длиннее — летом или зимой?	104
Безнаказанная кражा телефонной проволоки	105
Теплое тяжелее!	105
Качающаяся скала в Аргентине	106
На лед или под лед?	107
Почему дует от закрытого окна?	108
Ученый спор за чайным столом	109
Поучительная сигара	112
Греет ли шуба?	112
Какое время года у нас под ногами?	113
Как сварить яйцо в бумаге?	115
Несгораемая кисея	116
Лед, не тающий в кипятке	117
Можно ли вскипятить воду кипятком?	118
Можно ли вскипятить воду снегом?	119
Для чего Марк Твен вариł суп из барометра?	120
Почему вода тушит огонь?	122
Какой лед более скользок — гладкий или шероховатый?	123

ГЛАВА IX **Распространение света**

Какую пользу можно извлечь из своей тени?	125
Как измерить силу света с помощью тени?	129
Когда черный бархат светлее снега?	130

Цыпленок в яйце	130
Карикатурные фотографии.....	131
Задача о солнечном восходе.....	133

ГЛАВА X Отражение и преломление света

Обводный путь световых лучей...	135
Говорящая отрубленная голова...	136
Женская логика.....	138
Кого мы видим, глядясь в зеркало?.....	139
Расчетливая поспешность	141
Полет вороны	143
Как наши деды воспевали калейдоскоп	144
Дворцы иллюзий и миражей.....	145
ПЫТКА ЗЕРКАЛАМИ	
Рассказ.....	148
Для чего лучи света преломляются?	154
Появление и исчезновение монеты.....	157
К сведению купальщиков	158
Как перерезать бечевку, не касаясь ее?.....	158
Как видят рыбы?	159

ГЛАВА XI Зрение и оптические обманы

Можно ли видеть через ладонь?	166
Для чего надо «смотреть в оба»?	167
Идея стереоскопа	168

Как открывать подделки с помощью стереоскопа?.....	170
Зрение великанов	170
Вселенная в стереоскопе	172
Изображение рекрута.....	177
Анаглифы.....	178
Почему на картины смотрят одним глазом?	178
Как видят близорукие?	179
Высота вашей шляпы.....	182
Удлиненные надписи и картины	183
Размеры башенных часов	184
Белое и черное.....	185
Какая буква чернее?	187
Живые портреты	189
Загадочный крест	189
Воткнутые прямые и другие обманы зрения	190

ГЛАВА XII Звук

Как разыскивать эхо?	194
Звуковые зеркала	196
Оракул	197
К сведению застенчивых людей.....	197
Что такое раскаты грома?	198
Водяной микрофон	200
Обманы слуха	202
Где стрекочет кузнецик?	203
Трамвай в роли барометра.....	204

Научно-популярное издание

Я. И. Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
Книга 1

Над книгой работали:

Обложка – Григорян М. Э.

Рисунки – Петухов Д. В.

Компьютерная верстка – Терехов С. И.

Генеральный директор – Бодрова Ж. Л.

Издательство «РИМИС»

<http://www.rimis.ru>

123007, Москва, 2-ой Силикатный пр-д, д. 8

Оптовые продажи: (499) 946-22-06

E-mail: info@rimis.ru

Подписано в печать 15.05.2009 г.

Формат 84x108¹/₃₂.

Усл. печ. л. 10,92.

Тираж 4000 экз.