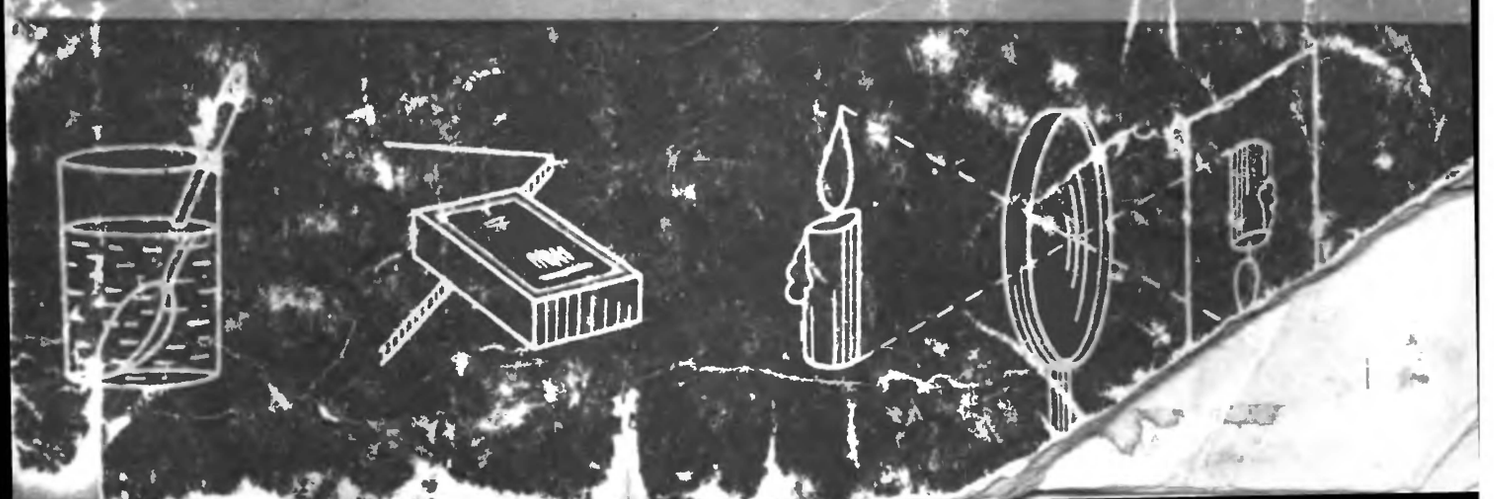
Я. Перельман

ИГРЫ И НАУЧНЫЕ РАЗВЛЕЧЕНИЯ



Детгиз
1958



ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

Г. НИЗЕ

ИГРЫ И НАУЧНЫЕ РАЗВЛЕЧЕНИЯ



Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1958

«Игры и научные развлечения» — это перевод с немецкого книг Г. Низе «Игры и опыты» и «25 опытов по физике», вышедших в 1955 году в Берлине. В занимательной форме автор рассказывает о различных физических явлениях, с которыми мы сталкиваемся на каждом шагу, но обычно не задумываемся над их научным объяснением. Параллельно в книге дается описание нескольких десятков простых опытов, иллюстрирующих важнейшие законы механики, оптики, электрических и тепловых явлений, магнетизма и многих других разделов физики.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наверно, каждый мальчик и каждая девочка пытались удержать в равновесии карандаш на кончике пальца и бывали очень рады и горды своим успехом, если им это удавалось. Мы в этой книге хотим пойти дальше таких несложных опытов.

Наша цель — повести читателя от умения к пониманию и, таким образом, пробудить интерес к вопросу «почему?» В этой книге рассказывается не только о том, как сделать опыт, но и объясняются причины его удачи. А для этого нужно уяснить себе законы физики.

Конечно, не все законы. Последующие страницы не заменят учебника физики. Будут названы только самые важные явления, описаны наиболее интересные опыты. В первой части книги с помощью семидесяти восьми полностью завершенных опытов мы разберемся в четырех важных разделах физики.

Вначале двадцать девять опытов по механике. Что такое сила? Почему волчок не падает? Почему одни тела плавают, а другие тонут?.. Отвечая на эти и другие подобные вопросы, мы наглядно представим себе основные законы, управляющие движением твердых, жидких и газообразных тел, узнаем, какие бывают силы и как они действуют.

Учение о теплоте — другой интересный раздел физики. Мы познакомимся со свойствами охлаждающих смесей, паров и туманов, льда и раскаленной металлической плиты.

Физика занимается также вопросами возникновения звука, законами многих тонов, которые ежедневно и ежечасно воспринимают наши уши. Как возникают различные тона, как они «консервируются» на патефонных пластинках, что такое эхо — все это мы узнаем с помощью простых опытов, которые каждый легко может сделать.

Но почти половина всех опытов посвящена оптике—науке о свете. Доставляет большое удовольствие повторить старинную детскую игру с солнечным зайчиком и при этом выяснить законы отражения света; преломляя лучи в призме, получить из бесцветного света различные цветные лучи и заставить их снова исчезнуть; исследовать работу собственных глаз и многое другое.

Во второй части книги помещены опыты из разных разделов физики, хотя далеко не все разделы этой интереснейшей науки нашли здесь отражение. Но эта книга и не ставит перед собой задачу заглянуть во все разделы физики. Ее задача значительно у́же: привить навык внимательно наблюдать, делать продуманные, осмысленные опыты, умело обращаться с простейшими инструментами и приспособлениями.

От наблюдения, от опыта идет любое знание. Для этого каждый читатель должен делать опыты возможно большее число раз. Простое рассматривание картинок и беглое прочтение текста не отвечают замыслу этой книги.

От двенадцатилетнего школьника и до взрослого — каждый найдет здесь что-то новое, интересное, содержательное.

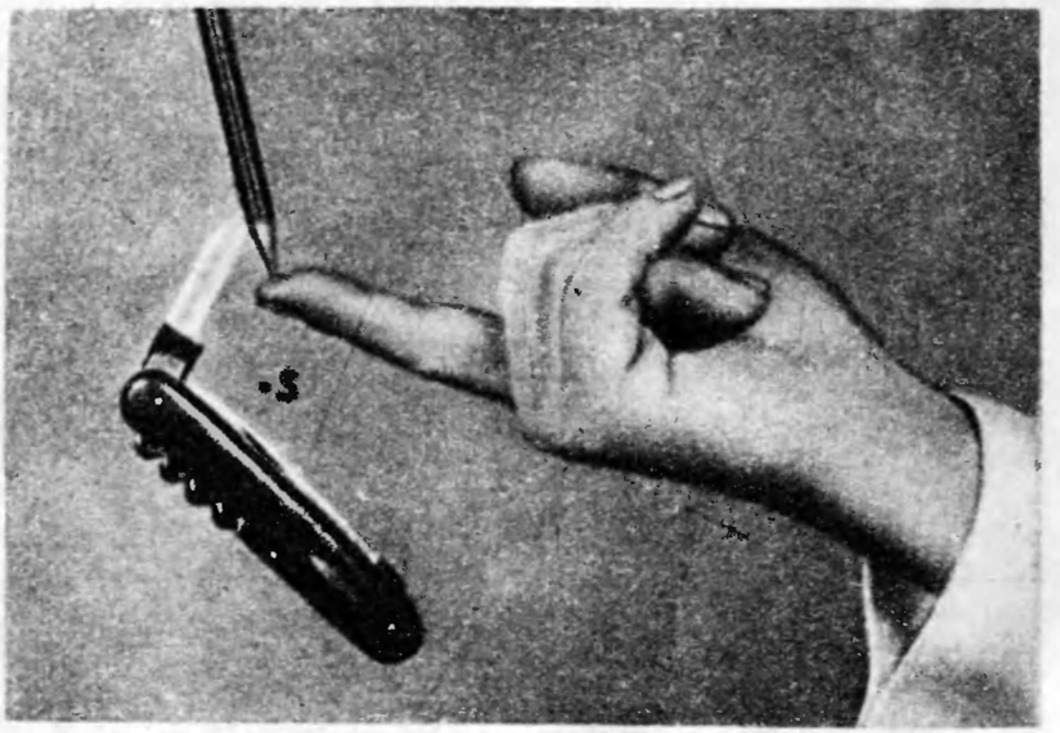
Физические кружки с участием школьников шестого—восьмого классов смогут воспользоваться этой книгой в своей работе. Сегодняшние школьники хотят завтра стать к станку, сесть на трактор, за чертежную доску. Мы бы хотели, чтобы эта книга им хоть немного в этом помогла, пробудив стремление к исследованию и познанию.

———

СИЛА И ДВИЖЕНИЕ

Для того чтобы надежно уравновесить на кончике пальца карандаш, в него нужно воткнуть полусогнутый перочинный ножик. Ножик тяжелее карандаша, поэтому центр тяжести этого общего тела оказывается ниже точки опоры (см. фотографию).

Центром тяжести тела называется точка, которую нужно поддерживать, чтобы тело, стремящееся под действием силы тяжести упасть вниз, во всех случаях сохраняло положение покоя.



Карандаш балансирует на кончике пальца (*S* — центр тяжести).

Нужно заметить, что центр тяжести (S) этого составного тела лежит здесь вне его. В противоположность этому, у других тел, например у палки или у шара, он находится внутри тела; у шара — точно в его центре. Строго говоря, о балансировании можно говорить только в том случае, если центр тяжести тела находится выше точки опоры.

Попробуем поставить обыкновенную тросточку на один из ее концов и уберем руку. Она немедленно упадет, потому что центр тяжести всегда стремится занять наиболее низкое из всех возможных положений. Палочка останется лежать на земле, так как центр тяжести занял при этом наиболее низкое из всех возможных положений.

В случае с балансирующим карандашом центр тяжести уже находится в самом низком возможном положении. Поэтому опасность перевернуться и упасть в данном случае отсутствует. Наоборот, если карандаш каким-либо образом будет отклонен в сторону от первоначального положения, он всегда возвратится в то положение, в каком показан на фотографии. На этом принципе основано, между прочим, действие игрушки «ванька-встанька».

МАЛЕНЬКИЕ ТАЙНЫ



Ставим на край стола коробку из-под папирос. Не волнуйтесь — она не упадет.

Коробка, смешно кувыркаясь,
катится вниз по доске.
Докатившись донизу,
она еще некоторое время слегка раскачивается,
и проходит несколько секунд,
прежде чем она полностью успокоится.



На глазах у удивленных зрителей ставим на край стола картонную коробочку таким образом, чтобы бóльшая часть ее свешивалась над полом. Не бойтесь — она не упадет.

А вот здесь по наклонно поставленной доске катится, переворачиваясь, другая картонная коробочка. Она быстро достигает пола, но пройдет еще какое-то время, прежде чем она станет совершенно неподвижной.

В первую коробочку мы, перед тем как сделать опыт, незаметно положили тяжелый кусочек металла. Таким образом, центр тяжести переместился в тот угол коробочки, который стоит на столе, и упасть она не может.

Во второй коробочке находится свинцовый шарик, который, непрерывно перемещаясь внутри нее под влиянием силы тяжести, вызывает те движения, которые мы наблюдали при скольжении коробочки по наклонно поставленной доске.

РЫЧАГ

Для того чтобы поднять или удерживать в воздухе гирю весом 1 килограмм, нужно применить такую же силу, с какой эта гиря тянет руку вниз. Но в нашем опыте (см. рисунок) гиря весом 1 килограмм удерживается в равновесии 100-граммовой гирькой. Это достигается с помощью подвижно укрепленной деревянной палочки.

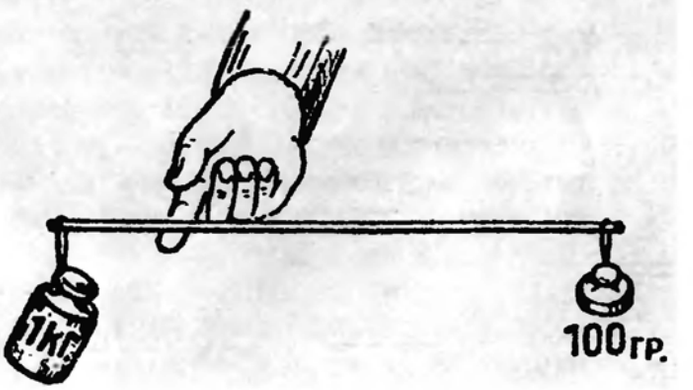
Быстро испробовав несколько положений, мы легко находим ту точку на палочке, которую нужно подпереть, чтобы удерживать в равновесии обе наши гирьки. Если наша палка имеет длину 55 сантиметров, точку опоры нужно поместить в 5 сантиметрах от килограммовой гири и в 50 сантиметрах от 100-граммовой. Наша подвижно укрепленная палочка называется рычагом.

Концы рычага, находящиеся по обе стороны от точки опоры, называются плечами рычага. Меньшая сила (меньший вес) действует на длинное плечо, а бóльшая сила — на короткое плечо. Равновесие устанавливается в том случае, когда обе силы находятся в обратно пропорциональной зависимости к длине плеч рычага.

В нашем опыте отношение сил (левой и правой) составляет 10:1. Отношение плеч рычага (наоборот, правого к левому) составляет также 10:1. Таким образом, рычаг является подвижной штангой, с помощью которой мы малым усилием достигаем значительного результата.

С помощью соответствующего рычага человек может без большого усилия поднять или перевернуть тяжелый камень или железную балку. Уже много тысяч лет назад при постройке пирамид огромные глыбы камня с помощью рычага со ступеньки на ступеньку поднимались на большую высоту.

Одной только мускульной силы недостаточно для того, чтобы открыть забитый гвоздями ящик, но с помощью небольшого ломика мы шутя снимаем крышку вместе с гвоздями. Почему? Да потому,



Килограммовая гиря удерживается в равновесии маленькой гирькой, всего в 100 граммов.

что лом, используемый как рычаг, в несколько раз увеличил силу, с которой мы действуем на крышку ящика.

Значительное количество различных инструментов и приспособлений основано на использовании свойств рычага: клещи, ножницы, отвертки, гаечные ключи, щипцы для колки орехов, консервные ножи, колодезные журавли, рычажные весы и многие другие.

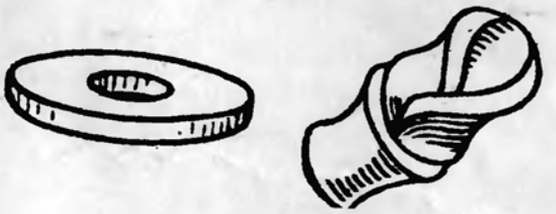
Пожалуй, никакое другое изобретение не получило столь многочисленных применений, как рычаг. Используется рычаг уже в продолжение многих тысяч лет.

СИЛА УПРУГОСТИ

Резина обладает свойством упругости. Это означает, что, если мы будем ее растягивать, в ней возникнет сила, которая будет стремиться возвратить части резины в их первоначальное положение. Эта сила будет тем больше, чем сильнее мы растягиваем резину.

Смешную иллюстрацию этой упругой силы можно получить на резинке с автоматической бутылочной пробки (см. рисунок), если внешний край такой резинки продеть через ее внутреннее отверстие.

После этого нужно положить резинку на стол, и через несколько секунд она подпрыгнет на 20—30 сантиметров вверх и примет снова свое первоначальное положение.



Эта маленькая круглая резинка легко подпрыгивает на высоту 20—30 сантиметров.

Резина — это общепринятое название для каучука. В переводе слово «каучук» означает «жидкое дерево». Это название точно отвечает содержанию, потому что натуральный каучук добывается из загустевшего сока некоторых тропических растений. Ценные свойства этого сока каучук сохраняет, если прибавить к нему определенные вещества, прежде всего серу, а затем подвергнуть его продолжительному нагреванию. Этот технический процесс называется вулканизацией. Искусственный каучук делают, беря в качестве исходных продуктов известь и уголь.

ИНЕРЦИЯ

Поставим несколько шашек одну на другую, предварительно подложив под нижнюю шашку полоску бумаги (так, как это показано на фотографии).

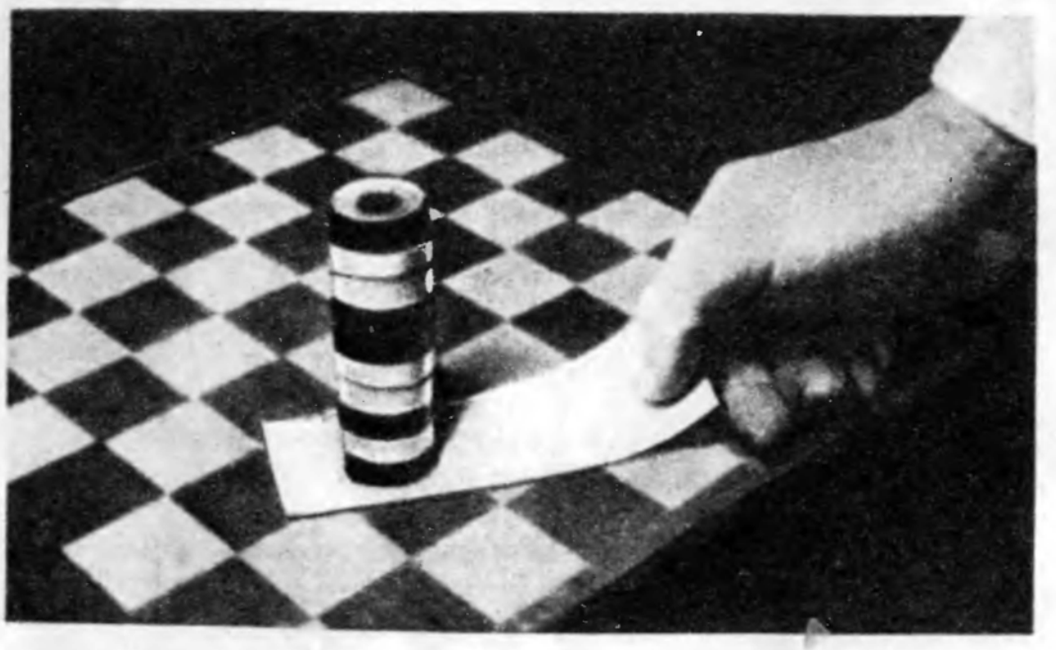
Если мы медленно потянем бумажку, вся шашечная колонка останется на бумажке и поползет вместе с ней. Если же быстро выдернуть бумажку, та же колонка спокойно останется на своем месте. Почему так получается?

Все тела обладают свойством сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, пока к ним не будет приложена какая-нибудь сила. Это свойство тел называется инерцией.

Чтобы привести в движение покоящееся тело или остановить тело, которое равномерно движется, мы должны приложить к нему некоторую силу. Это значит, что тела оказывают сопротивление изменению состояния их покоя или равномерного движения. Это сопротивление и должно быть преодолено какой-то силой.

Если паровоз рванет с места слишком сильно, инерционное сопротивление может быть настолько большим, что сцепления не выдержат и разорвутся, а вагоны останутся на месте.

Примерно то же произошло и в нашем опыте: бумажка была вы-



Если мы резким движением выдернем бумажку из-под колонки шашек, то они не рассыплются, а останутся на месте.

дернута настолько быстро, что сцепление между шашечной колонкой и бумагой разорвалось, благодаря чему колонка осталась на своем месте.

Когда пекарь сажает хлебы в печь, он так быстро выдергивает совок, на котором стоят хлебные формы, что они не успевают выскочить вместе с ним и остаются в печи.

Когда трамвай неожиданно трогается с места, мы невольно отклоняемся назад, потому что наше тело также подвержено действию закона инерции и стремится сохранить свое первоначальное положение.

При внезапном торможении трамвая мы наклоняемся вперед, потому что наше тело стремится сохранить состояние движения.

ДЕЙСТВИЕ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ

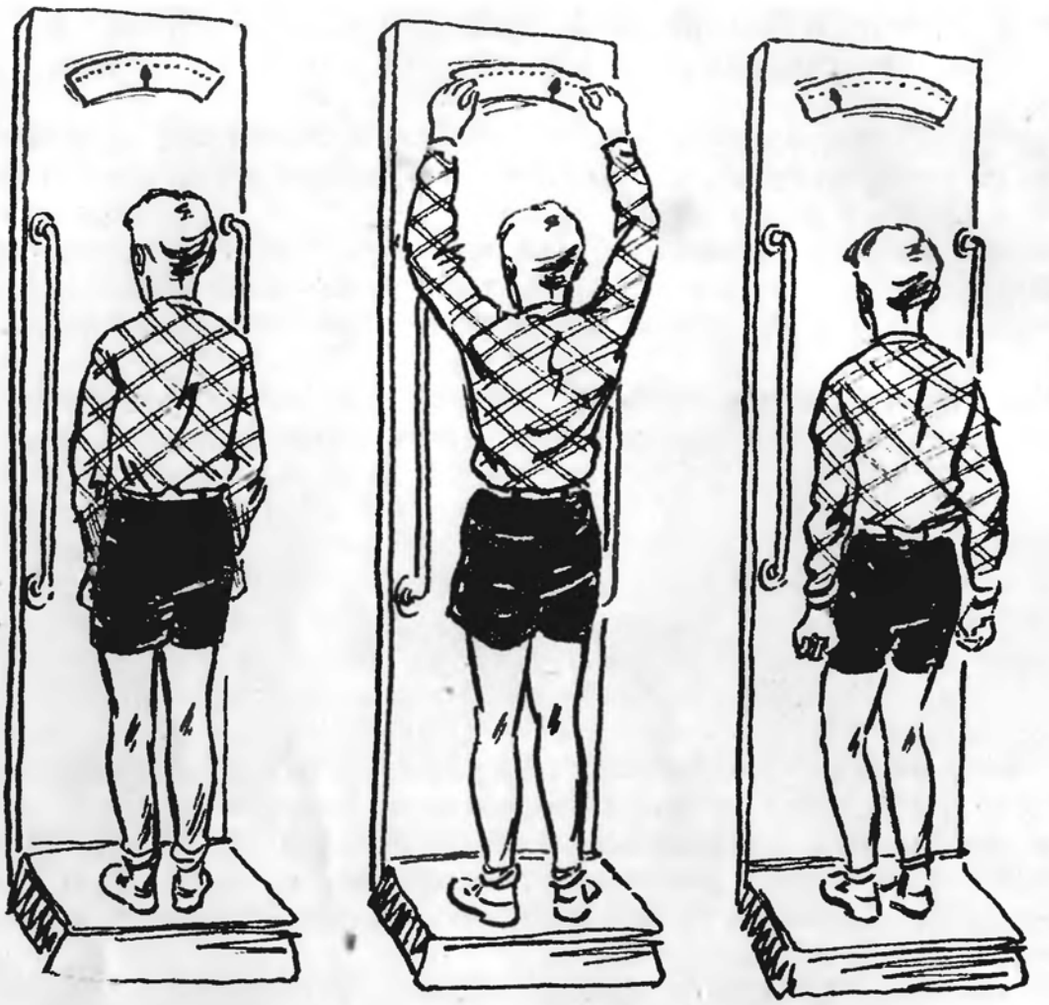
Станем на пружинные весы и первое время не будем производить никаких движений. Стрелка весов покажет наш вес.

Теперь быстро поднимем руки вверх. Можно предположить, что вес наш в этот момент уменьшится, потому что направлено это движение вверх, а не вниз, то есть в сторону, противоположную подставке весов, на которой мы стоим.

Однако в действительности получается наоборот: при быстром подъеме рук стрелка показывает увеличение веса. Происходит это под действием закона, открытого знаменитым физиком Ньютоном. Этот закон гласит, что каждое действие вызывает равное себе по величине и обратно направленное противодействие. При быстром подъеме рук наше тело получает толчок вниз, который и вызывает увеличение силы давления на опорную площадку. Если мы рывком опустим руки, то наше тело получит толчок вверх, и стрелка покажет уменьшение веса.

Аналогичное явление можно наблюдать, если, не касаясь пола ногами, сесть на стул, который может вращаться. Теперь, если вытянутые вперед руки резко повернуть вправо, стул вместе с нашим телом повернется влево.

Если мы прыгнем на берег с борта лодки, лодка получит толчок в обратную сторону и отойдет от берега. Широко известно, что кошка, падая, обязательно перевертывается ногами вниз. Удается ей это только благодаря тому, что она инстинктивно действует согласно вышеприведенному закону. Падая, кошка рывком поворачивает свой хвост в такую сторону, чтобы ее тело, получив обратный толчок, повернулось к земле ногами.



Интересные наблюдения, которые можно сделать на больших весах: быстро подняв руки вверх, мы становимся немного тяжелее, а опустив руки вниз — легче.

О ПАДАЮЩИХ ТЕЛАХ

Что падает быстрее: камень или почтовая марка, монета или маленький кусочек бумаги? Мы ответим на этот вопрос, но прежде проделаем несколько опытов.

Возьмем в правую руку десятикопеечную монету, а в левую — маленький кусочек бумаги. Выпустим одновременно оба предмета. Мы легко заметим, что монета, падая вертикально, быстро достигнет пола, а кусочек бумаги, медленно планируя, упадет гораздо

позднее. Может показаться, что тело падает тем быстрее, чем оно тяжелее.

Но попробуем бросить одновременно килограммовую гирю и однокопеечную монету. Мы обнаружим, что они коснутся земли в одну и ту же секунду, несмотря на то что вес копеечной монеты в тысячу раз меньше, чем вес килограммовой гири.

Разгадка этого кажущегося противоречия состоит в том,что листку бумаги гораздо труднее, чем монете, преодолеть сопротивление воздуха, так как поверхность такого листка сравнительно очень велика. Если же мы скатаем этот листок бумаги в маленький шарик и опять бросим, то увидим, что он падает так же быстро, как и монета.

В этом последнем случае воздушное сопротивление, которое встречает падающая бумажка, будет совершенно ничтожным. Когда нет сопротивления воздуха, форма падающего тела не играет никакой роли. Физик это доказывает, когда в длинном, герметически закрытом сосуде, из которого выкачан воздух, заставляет падать самые разнообразные тела. В таком сосуде легчайшее перышко падает так же быстро, как и тяжелый кусок камня. А падают все тела вертикально вниз потому, что их притягивает Земля.

МАЯТНИК

Если вывести маятник из вертикального положения и потом отпустить, он начнет раскачиваться в ту и другую сторону. Движение по обе стороны от какого-либо среднего положения называется колебанием. Следовательно, маятник колеблется. Время, за которое маятник, находящийся в крайнем левом или в крайнем правом положении, опять вернется в это же положение, называется периодом колебаний.

Если мы с помощью секундной стрелки часов установим, что маятник, выйдя из какого-нибудь крайнего положения, шесть раз возвращался к нему за 3 секунды, то это значит, что период его колебаний составляет 0,5 секунды.

Вследствие трения в месте подвеса маятника, а также вследствие воздушного сопротивления размахи маятника становятся все короче и короче, пока наконец не прекратятся совсем. Однако, как бы ни укорачивался размах колебаний, мы легко убедимся, что период их остается неизменным. Размах колебаний ни в какой мере не определяет периода колебаний, и только для очень больших размахов период уже не остается неизменным.

Не влияет на период колебаний и вес маятника. Решающее влияние на период колебаний имеет длина маятника.

Опыты с маятниками различной длины убедят нас, что период колебаний будет тем больше и, следовательно, качаться маятник будет тем медленнее, чем маятник длиннее.

Сделаем два маятника, из которых один будет в четыре раза длиннее другого. В этом случае период колебаний длинного маятника будет ровно в два раза больше, чем период колебаний короткого маятника.

Еще знаменитый физик и астроном XVII века итальянец Галилео Галилей, будучи молодым студентом, наблюдал в соборе города Пиза, что люстры различных размеров и веса, но имеющие одинаковую длину, имеют и одинаковые периоды колебаний. Так как в то время карманные часы еще не были изобретены, он пользовался для измерения времени ударами собственного пульса.

В маятниковых часах равномерное движение стрелок достигается тем, что маятник, раскачиваясь из стороны в сторону, при каждом движении толчком передвигает шестеренку немного вперед и этим приводит в движение весь часовой механизм. Если такие часы начинают спешить, это значит, что маятник раскачивается слишком быстро.

Чтобы исправить такие часы, нужно заставить маятник раскачиваться медленнее. Для этого подвижная гиря на маятнике немножко отодвигается вниз, благодаря чему длина маятника увеличивается и период колебаний становится больше.

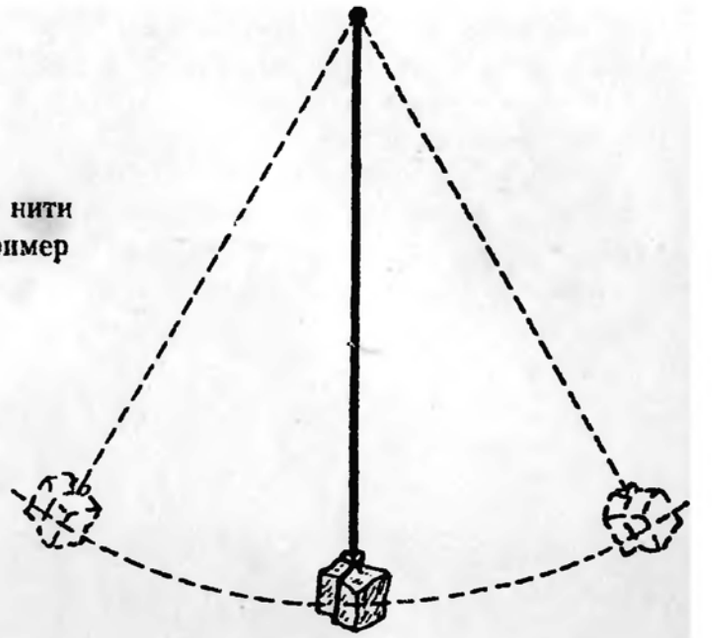
ЗНАМЕНИТЫЙ ОПЫТ С МАЯТНИКОМ

Маятник, представляющий собой веревочку с подвешенным к ней грузом, качается всегда в одной и той же плоскости. Даже если повернуть предмет, на котором укреплен маятник, в какую-нибудь сторону, сам маятник будет продолжать раскачиваться в прежней плоскости.

Однако, если бы мы подвесили большой маятник над Северным полюсом Земли, а под ним на земле провели черту-указатель, то заметили бы, что плоскость качаний маятника медленно вращается по часовой стрелке.

Так как мы на основании многочисленных опытов с маятниками убедились, что маятники не меняют плоскости своего раскачивания, то это кажущееся изменение направления раскачивания маятника на Северном полюсе можно объяснить только тем, что Земля вра-

Если подвесить на прочной нити
какую-нибудь тяжесть, например
небольшой камень,
то получится маятник.



щается под маятником против часовой стрелки, то есть с запада на восток.

Подобный опыт был впервые произведен в 1850 году французским физиком Фуко в Париже. Фуко применил 67-метровый маятник с подвешенной к нему гирей в 28 килограммов. Такой длинный и тяжелый маятник нужно было взять для того, чтобы обеспечить многочасовое непрерывное его раскачивание. Фуко показал, что



Если мы будем поворачивать стул,
к которому прикреплен маятник,
он не изменит плоскости
своих колебаний.

плоскость, в которой раскачивался маятник, поворачивается по часовой стрелке. Угол, на который эта плоскость повернулась в Париже за 1 час, меньше того, который был бы на Северном полюсе, потому что имеет значение географическая широта места, где производится опыт. На Северном полюсе плоскость, в которой раскачивается маятник, за 6 часов повернулась бы на 90°.

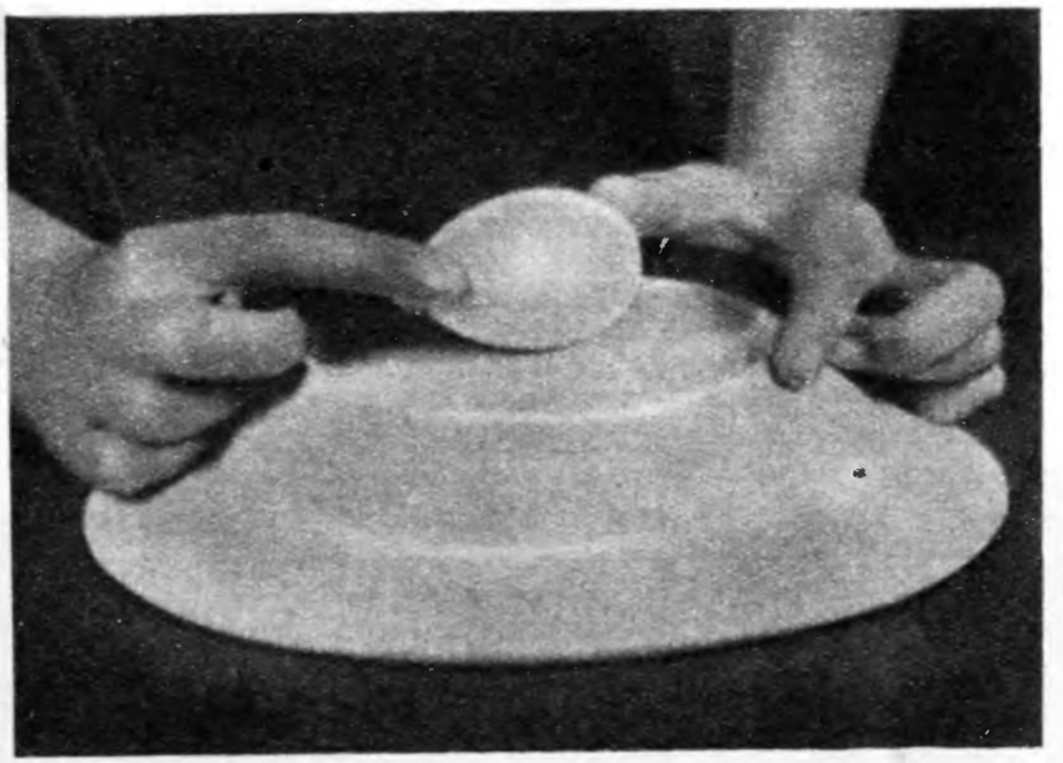
Этим знаменитым опытом Фуко было доказано, что Земля вращается, совершая один полный оборот за 24 часа.

ВОЛЧОК



Вращающийся волчок,
в отличие
от находящегося в покое,
свободно стоит
на своем тонком острие.
Если ударом хлыстика
мы перебросим
волчок на другое место,
положение его оси
все равно останется
неизменным.

Пока волчок быстро вертится, ось его вращения сохраняет одно и то же положение. Если мы его в этот момент ударим, он, даже будучи отброшен на другое место, все-таки снова установится в таком же положении, в каком был до этого.



Если мы начнем быстро вращать сваренное вкрутую яйцо, то заметим, что после двух — трех оборотов оно неожиданно встанет на свой острый конец и будет вращаться вокруг продольной оси.

И только когда скорость его вращения значительно уменьшится, волчок под влиянием силы тяжести начнет все больше и больше раскачиваться из стороны в сторону, пока наконец его боковая сторона не коснется земли.

Если подбросить вверх твердую шляпу, она перевернется. Но если ее подбросить, придав ей предварительно вращательное движение, она сохранит свое вертикальное положение. Так что при известной ловкости можно поймать ее на голову таким образом, что она сразу сядет на свое место. Это свойство вращающихся предметов часто используют цирковые жонглеры.

Вертеться волчком может и яйцо. Если заставить быстро вращаться яйцо на перевернутой тарелке, через несколько секунд оно станет на острый конец и так будет вращаться дальше.

Однако этот опыт можно произвести только со сваренным вкрутую яйцом — сырое яйцо так вращаться не будет. Жидкость внутри сырого яйца тормозит его вращение настолько сильно, что нужная для этого опыта скорость вращения вообще не может быть достигнута. Таким способом всегда можно установить, вареное яйцо мы держим в руках или сырое.

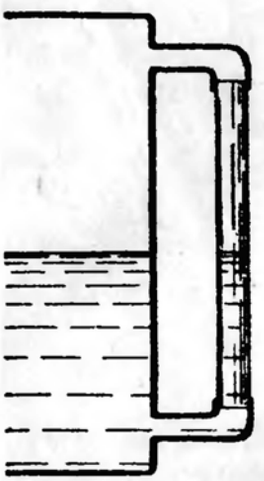
СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ



В чайнике и в его носике поверхность жидкости всегда находится на одном и том же уровне.

Всем известно, что поверхность жидкости всегда остается горизонтальной, даже если мы наклоняем сосуд, в котором эта жидкость находится. В носике чайника поверхность жидкости находится на том же самом уровне, что и внутри чайника. Это имеет место в любых сосудах, которые между собой сообщаются.

Мы видим, что в сообщающихся сосудах уровень однородной жидкости всегда одинаков. Этот закон находит важное применение, когда нужно измерить уровень жидкости в каком-нибудь закрытом сосуде.



На том же законе основано и устройство водопровода. Уровень воды в водонапорной башне должен быть всегда по меньшей мере таким же высоким, как и высота самых верхних водопроводных кранов, которые нужно снабдить водой.

Приспособление для измерения уровня воды в котле.

ШЕСТЬ ИЗБЫТОЧНЫХ АТМОСФЕР

Если мы зажмем отверстие водопроводного крана пальцем, то заметим, что вода давит на палец с довольно значительной силой. Это означает, что вода в водопроводе имеет определенный напор. Вода давит на каждый квадратный сантиметр стенки трубы так, как если бы на него был поставлен груз в 7 килограммов. Это давление обозначается в технике, как давление в 7 атмосфер. Значит, 1 атмосферой называется давление, которое создает сила в 1 килограмм, когда она действует на 1 квадратный сантиметр.

Для атмосферы в смысле единицы давления в технике принято сокращенное обозначение *ат*. Таким образом, в водопроводе создается давление примерно в 7 атмосфер.

Мы говорим «примерно 7 атмосфер», так как давление зависит от разностей уровней воды в водонапорной башне и в комнате. Поэтому, например, на четвертом этаже давление будет меньше, чем на первом.

Так как воздушное давление в комнате составляет приблизительно 1 атмосферу, то в водопроводе создается избыточное давление в 6 атмосфер. Это избыточное давление обозначается в технике значком *ати*.

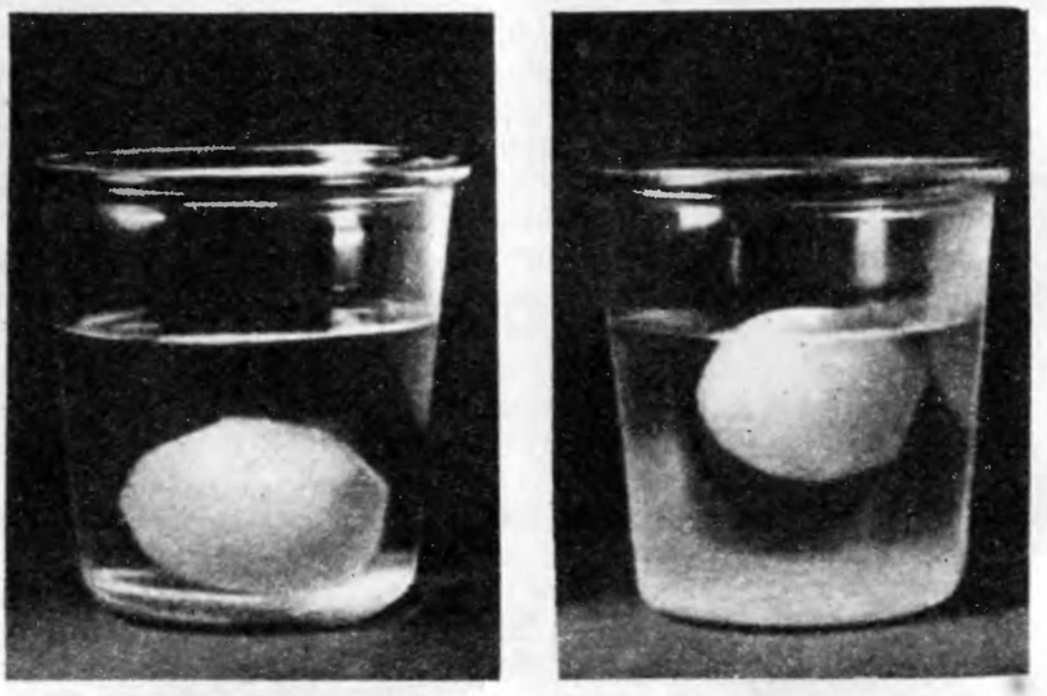
Однако это только его приближенное значение, потому что давление зависит от высоты водяного столба, то есть от той высоты, на которой находится уровень воды во всей водопроводной системе. Также играет роль и то, что давление воды на четвертом этаже меньше, чем на первом.

В хорошо накачанных велосипедных камерах достигается давление 2,5 *ати,* в автомобильных шинах высокого давления—до 6 *ати,* в паровозном котле—до 14 *ати.* Давление кислорода в свеженаполненном баллоне достигает 150 *ати.* А если человек изо всех сил будет дуть на бумагу, он создаст давление лишь 0,1 *ати.*

ПЛАВАНИЕ ТЕЛ

В соленой воде телу легче плавать, чем в пресной. Это замечают моряки, когда их суда выходят из устья реки в открытое море. В открытом море корабль погружается в воду меньше, чем в пресной воде реки.

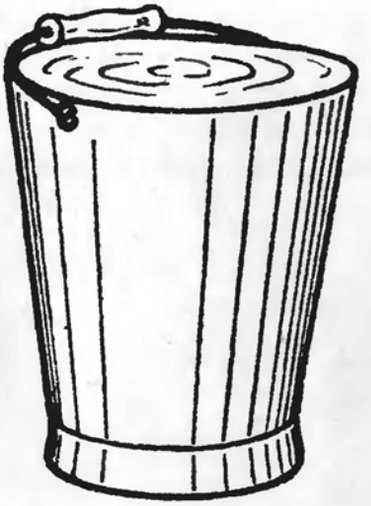
Архимед, один из величайших физиков и математиков древности, в 250 году до нашей эры открыл закон, названный его именем: «Тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость». Эта кажущаяся потеря веса выз-



Слева: сырая картофелина тонет, потому что она тяжелее воды. Справа: стоит нам растворить в том же стакане столовую ложку соли, как наша картофелина всплывет.

вана тем, что жидкости давят с избыточной силой снизу вверх на погруженные в них тела. Эта сила называется выталкивающей или поддерживающей.

Согласно закону Архимеда, если тело плавает, то жидкость, вытесненная погруженной частью тела, должна весить столько же, сколько весит все тело.



Это ведро до краев наполнено водой.



Это ведро также до краев наполнено водой, но на ее поверхности плавает небольшой деревянный чурбак.

Значит, любое тело может погружаться в жидкость до тех пор, пока вес вытесненной жидкости не станет равным весу этого тела.

Если при полном погружении вес вытесненной жидкости будет все-таки меньше веса тела, тело опустится на дно.

Так как соленая вода тяжелее пресной, то одинаковое по объему тело при своем погружении в соленую воду вытеснит больший вес воды, поэтому и погружение его будет меньшим.

Чем более концентрированный раствор соли мы сделаем, тем меньше будут погружаться в него плавающие в нем тела, например сырые картофелины.

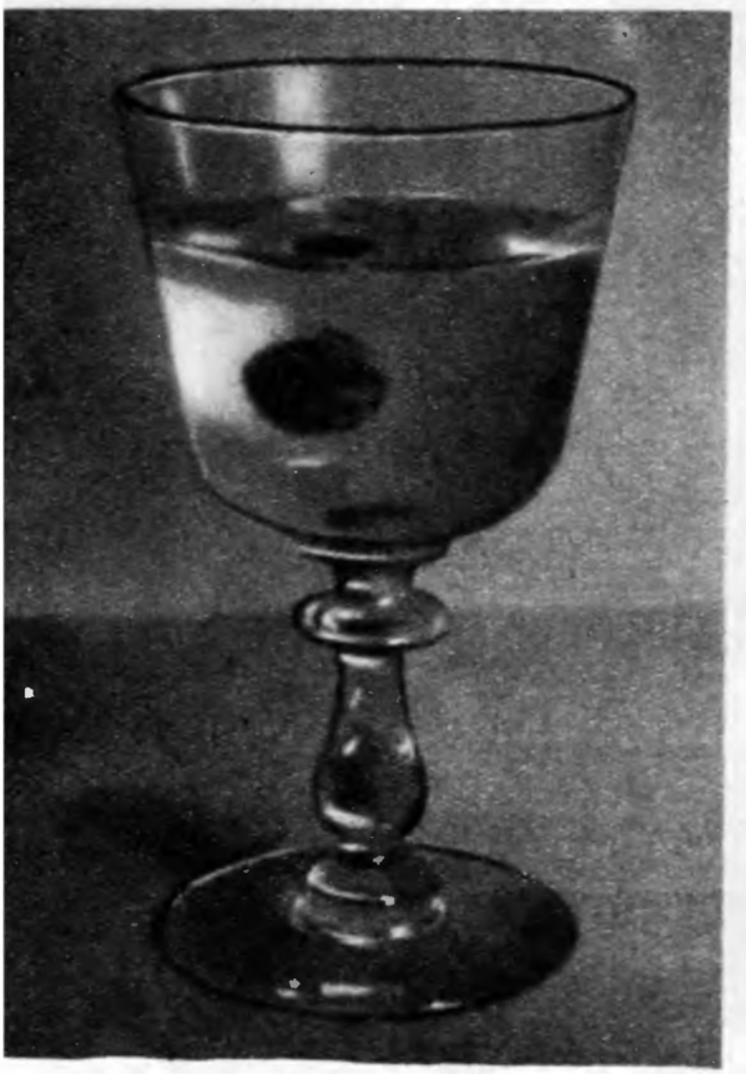
Испытайте свою сообразительность. Подумайте, какое ведро тяжелее (см. рисунок).

ИГРА С ЛИМОНАДОМ

Перед нами стоит бокал шипящего лимонада. Бросим в него одну виноградину. Она сейчас же опустится на дно. Немедленно на ней осядут маленькие пузырьки газа. Вскоре их станет так много, что виноградина начнет шевелиться и затем всплывет наверх.

На поверхности жидкости эти пузырьки лопаются и улетучиваются в воздух. Но без пузырьков газа вес виноградины становится больше, чем действующая на нее выталкивающая сила, и ягода снова погружается на дно бокала. Тогда все повторяется сначала, и виноградина опускается и поднимается в бокале много раз.

Лимонад приготовляется из обыкновенной воды, в которую прибавляют фруктовую эссенцию и под давлением нагнетают газ, так

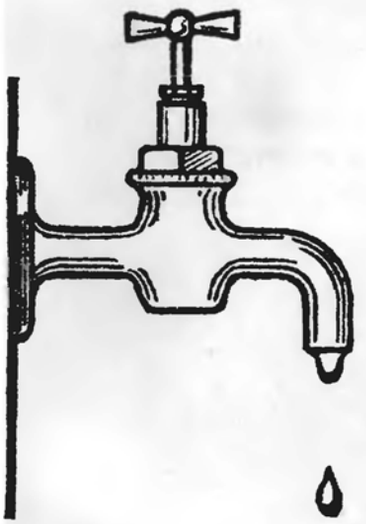


Неутомимо путешествует виноградина от поверхности жидкости на дно и обратно.

называемую углекислоту. Чем больше давление, тем больше углекислоты растворяется в воде. Когда мы открываем бутылку, давление в ней уменьшается и большая часть углекислоты выделяется из жидкости в виде пузырьков и пены. Если в лимонад погрузить какое-нибудь твердое тело, значительная часть углекислоты, не успев достигнуть поверхности жидкости, осядет на этом теле. Таким путем и образовывались пузырьки на нашей виноградине.

Нужно сказать, что бесцветный газ, пузырьки которого оседали на нашей виноградине, называется обычно углекислотой. Однако химики с этим названием не вполне согласны — они называют этот газ двуокисью углерода, а углекислотой не сам газ, а его химическое соединение с водой.

ВОДА ИЗ ВОДОПРОВОДНОГО КРАНА



Образование капель
на водопроводном кране

Медленно капает вода из водопроводного крана. Если присмотреться к капле, то кажется, что она обтянута тонким эластичным мешочком, который сужается кверху и в конце концов обрывается, когда капля слишком набухнет.

Это впечатление не совсем неверно. Поверхностный слой жидкости имеет свойства, напоминающие свойства тонкой резиновой пленки. Этот слой возникает потому, что между частицами жидкости действуют силы сцепления, которые притягивают эти частицы друг к другу и, таким образом, препятствуют изменению формы поверхности жидкости.

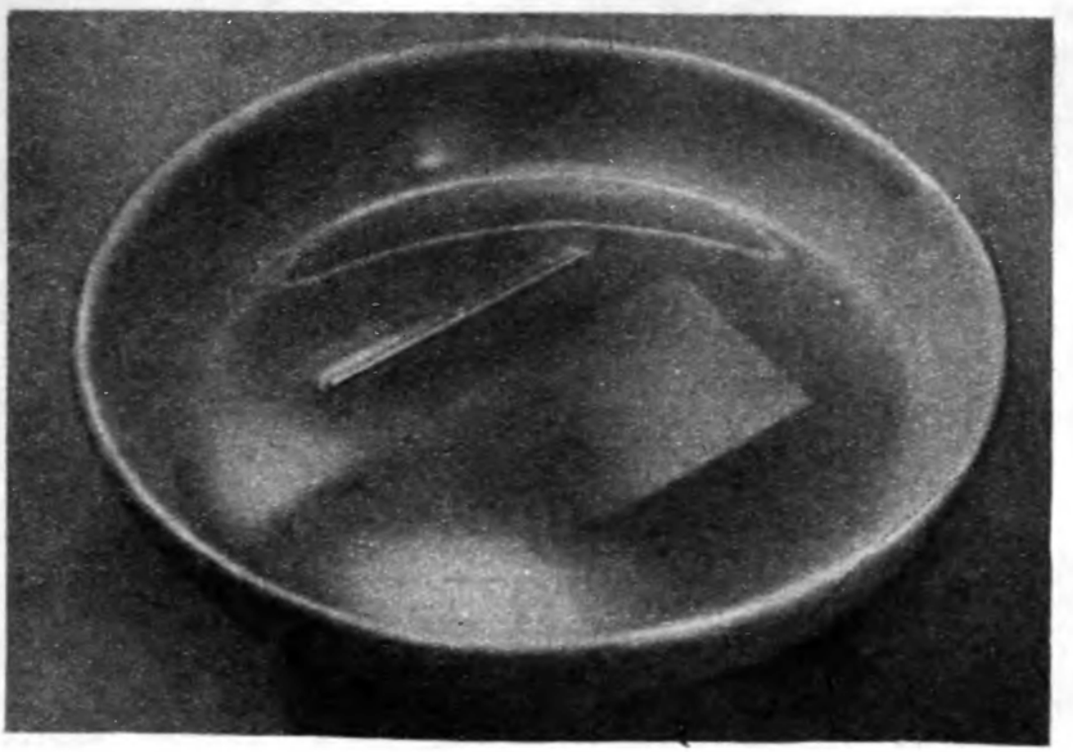
Это так называемое поверхностное натяжение, которое и препятствует разрыву поверхностного слоя жидкости. Для того чтобы погрузить в нее какое-нибудь тело, нужно это сопротивление преодолеть. Этим пользуются жучки-водомеры, которые свободно скользят на своих длинных ножках по воде, не разрывая ее поверхностного слоя.

Убедиться, что движение этих жучков не имеет характера плавания, можно, проделав такой простой опыт. Наполним водой небольшую миску, положим на поверхность воды маленький листочек папиросной бумаги и осторожно опустим на него обыкновенную швейную иглу. Через некоторое время бумажка намокнет и погрузится на дно, а игла будет спокойно плавать на поверхности воды.

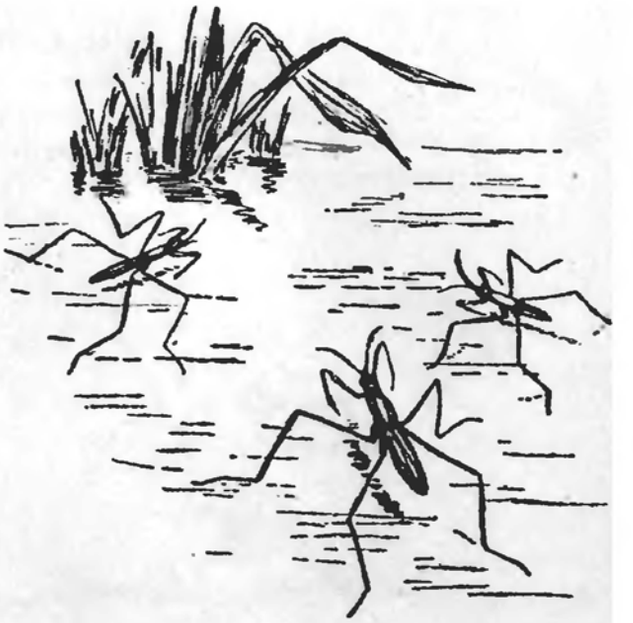
Слово «плавает» в данном случае не совсем точно, потому что тело плавает только тогда, когда его вес равен весу вытесненной им жидкости. Игла сделана из стали и весит гораздо больше, чем соответствующее ее объему количество воды, поэтому она должна была бы немедленно потонуть, но ее держит на себе поверхностная пленка жидкости.

Иногда в этом опыте папиросная бумажка не тонет сама. Мы можем ей в этом помочь, осторожно надавив острым концом карандаша на один из уголков бумаги.

Иголка свободно плавает на поверхности воды.



На болотах
и в непроточных водоемах
часто можно наблюдать
своеобразных насекомых,
называемых жуками-плавунцами.
Они бегают по воде подобно тому,
как конькобежец бегает по льду.



Дождевые капли и вообще все свободно падающие частицы жидкости сжаты со всех сторон своей поверхностной пленкой. Поверхностное натяжение действует так, что поверхность жидкости стремится стать как можно меньше. Поэтому каждая капля принимает шарообразную форму, если на нее не действуют при этом никакие другие силы, например воздушное сопротивление, так как из всех тел равного объема шар имеет наименьшую поверхность.

ЧЕРНИЛЬНАЯ КЛЯКСА

Когда смотришь, как быстро поднимаются вверх чернила по листку промокательной бумаги, кажется, что нарушены все законы земного притяжения. Но этого быть не может.

Значит, в данном случае действует какая-то другая сила, которая оказывается больше, чем сила земного тяготения. Эта сила преодолевает силу тяжести, и чернила, как по шахте лифта, поднимаются вверх.

Ту же картину можно наблюдать, если опустить в кофе одним концом кусочек сахара. Коричневый кофе быстро поднимется по белому куску сахара.

Это всасывающее свойство возникает в мельчайших порах, которые пронизывают как промокательную бумагу, так и кусковой сахар. Все такие пористые тела имеют в себе разветвленную систему

С помощью промокательной бумаги легко можно снять с тетрадки каплю чернил. Если держать вертикально листочек промокательной бумаги, касаясь поверхности капли, чернила поднимутся по ней на несколько сантиметров вверх.



тончайших каналов, пронизывающих их из одного конца в другой. Эти каналы соединены между собой. Диаметр их большей частью меньше диаметра самого тонкого волоса. В этих-то тоненьких трубочках вода поднимается тем выше, чем меньше диаметр трубки.

Частицы твердого тела, из которых состоят стенки этих трубочек, притягивают к себе молекулы воды и таким образом их поднимают. Чем тоньше трубочка, тем выше поднимается в ней жидкость. В очень тоненьких трубочках эта, так называемая капиллярная, сила больше, чем молекулярные силы сцепления, которые связывают частички жидкости между собой.

Капиллярная сила, а значит, и степень подъема жидкости в одной и той же тоненькой трубочке различны для разных жидкостей.

Есть такие жидкости, которые в капиллярных трубочках не только не поднимаются, а, наоборот, даже опускаются. Это так называемые несмачивающие жидкости. Например, ртуть, которая, в противоположность воде, не смачивает стенок стеклянного сосуда, в котором находится.

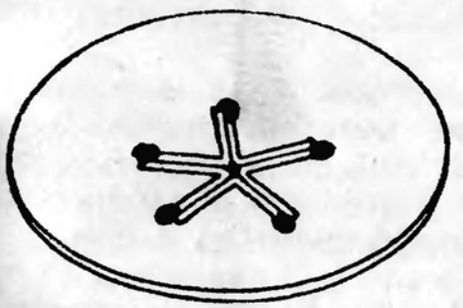
Всасывающая способность губки или полотенца, а также подъем расплавленного парафина по фитилю свечки основаны также на свойстве капиллярности. В почве в силу тех же причин вода поднимается из нижних слоев наверх, питая таким путем корни растений.

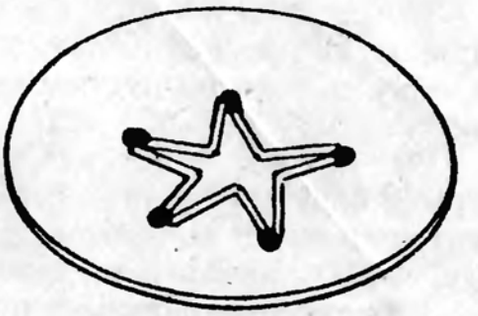
Такую же роль играет в животном и человеческом теле разветвленная сеть тончайших кровеносных сосудов. Вместе с кровью все клетки тела получают необходимые для их жизни питательные вещества.

ИГРА СПИЧЕК

Маленький фокус, который показан на рисунке, основан на распрямлении опущенного в воду куска дерева. При высушивании дерево скручивается. При намокании сухого дерева оно опять распрямляется.

Например, если деревянное корыто долго стоит без употребления, оно рассыхается и начинает пропускать воду. Тем не менее та-





Слева — пять спичек, надломленных посередине, положены на блюдце. Как заставить их принять форму пятиконечной звезды, не касаясь спичек рукой? Справа — в центр спичечной фигуры капнули немного воды; спички медленно разгибаются, образуя пятиконечную звезду.

кое корыто наполняют водой, и вскоре оказывается, что оно снова делается водонепроницаемым. Это происходит оттого, что дерево, впитав воду, расширяется и закрывает образовавшуюся трещину.

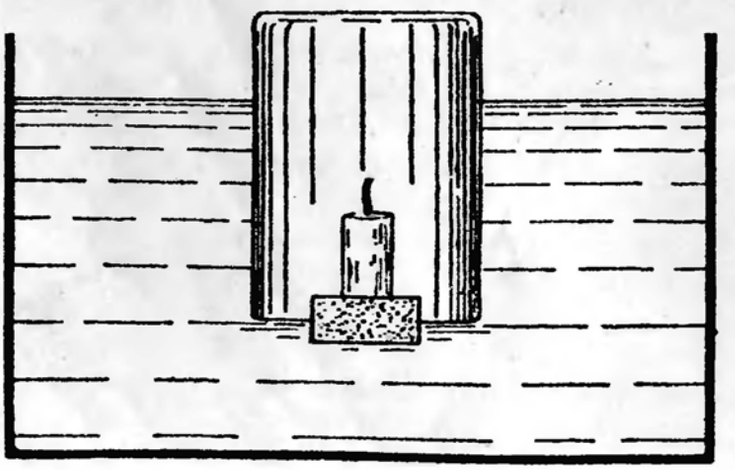
На рисунке видны пять спичек, переломленных посередине и уложенных в виде звездочки. На соседнем рисунке спички намокли и распрямились.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ПУСТ СТАКАН?

Опустим на поверхность воды, налитой в миску, кусочек пробки, прикрепив предварительно к ней сверху огарок свечи. Накроем пробку со свечкой пустым стаканом и вдавим так, чтобы края его немного опустились в воду.

Это неточно, когда мы говорим, что стакан был пустым. Точнее, нужно было бы сказать: стакан наполнен воздухом. Мы наблюдаем, что вода почти не проникает внутрь стакана. Это происходит потому, что он наполнен воздухом.

Каждое тело занимает определенный объем. Это само собой разумеется. Воздух тоже является одним из таких тел, которое требует для себя определенного пространства. В этом легко убедиться, если вливать воду в бутылку через воронку. Только нужно заботиться о том, чтобы содержащийся в бутылке воздух свободно выходил из нее наружу по мере наполнения бутылки водой. В противном случае вода не сможет заполнить бутылку. И, наоборот, квас не может вылиться из бочки, если в ней сделано только одно отверстие и наруж-



Перевернутый стакан вдавливает поверхность воды.

ный воздух не может заполнить то место, которое освобождается от выливающегося кваса.

Наш опыт со стаканом показал одновременно и модель водолазного колокола, который применялся раньше на подводных работах.

Если мы внимательно присмотримся, то убедимся, что вода все-таки немного проникла в стакан. Это произошло потому, что вода давит на содержащийся в стакане воздух и несколько его сжимает.

Чтобы погрузить стакан в воду, нам нужно применить какое-то усилие. Стакан с наполняющим его воздухом обладает определенной подъемной силой. Это происходит потому, что вытесненная стаканом масса воды весит больше, чем наполненный воздухом стакан, поэтому действующая снизу выталкивающая сила оказывается больше, чем тянущий вниз вес.

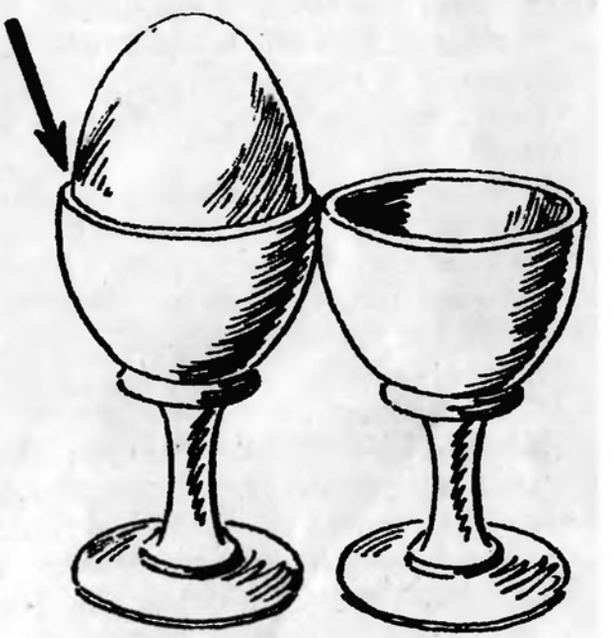
Для того чтобы преодолеть эту подъемную силу, вокруг водолазного колокола монтируется тяжелая железная конструкция. Тогда вес всего сооружения оказывается больше, чем подъемная сила колокола, и он опускается на дно на большой цепи.

ВЫДУВАНИЕ ЯЙЦА

Поставим вплотную друг к другу две рюмки, в одну из которых положено сваренное вкрутую яйцо. Дунем сильно в зазор между яйцом и стенкой рюмки. Яйцо выпрыгнет из рюмки и перескочит в соседнюю.

Воздух проникает между яйцом и стенкой рюмки на дно рюмки, там сжимается и выбрасывает яйцо наружу, хотя в сравнении с его собственным весом яйцо является довольно тяжелым предметом.

Сжатый воздух, подобно свернутой пружине, обладает значительной силой. Поэтому для защиты от различного рода сотрясений и ударов очень



Если сильно дунуть в направлении, указанном стрелкой, яйцо выскочит из рюмки и перепрыгнет в соседнюю.

удобны специальные устройства, наполненные сжатым воздухом,— воздушные амортизаторы.

Литой резиновый мячик прыгает далеко не так хорошо, как резиновый мяч, наполненный воздухом. Только после изобретения воздушных баллонов, получивших название автомобильных и велосипедных камер, стала возможной мягкая, почти без толчков, езда на велосипедах и автомобилях, которая сейчас кажется нам само собой разумеющейся.

БАРОМЕТР.

С помощью барометра измеряется воздушное давление. На рисунке справа стрелка барометра остановилась на цифре 768. Это значит, что в момент измерения воздух в этом месте давит с такой же силой, с какой давил бы столб ртути высотой 768 миллиметров. Ртуть—очень тяжелая жидкость. Столб ртути, площадь сечения которого равна 1 квадратному сантиметру, а высота — 755 миллиметрам, весит чуть больше 1 килограмма. Давление, которое оказывает вес в 1 килограмм на 1 квадратный сантиметр поверхности, называется в технике давлением в 1 техническую атмосферу. Это значит, что наш барометр показывает примерно такое же давление.

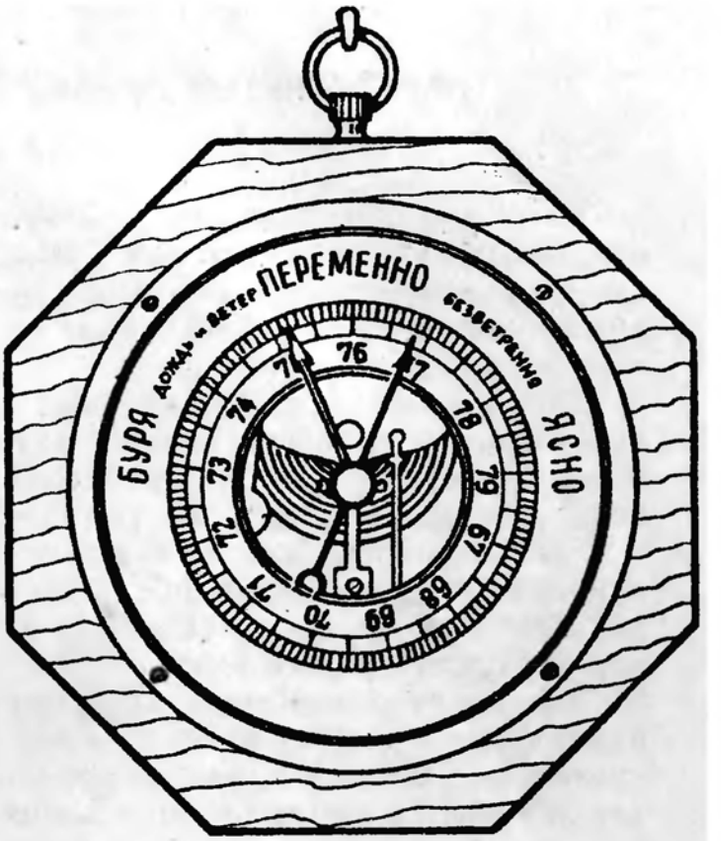
Воздушная оболочка земного шара простирается до высоты примерно 1000 километров. Она давит на поверхность Земли с такой же силой, как давил бы слой ртути толщиной приблизительно 76 сантиметров.

Воздушное давление различно в различных местах земного шара; кроме того, оно зависит от погоды. Но, как было сказано выше, в среднем оно соответствует давлению в 1 атмосферу.

Воздушное давление действует во все стороны. Вследствие этого оно давит на каждый квадратный сантиметр поверхности нашего тела с такой же силой, как давит на подставку гиря весом 1 килограмм. Поверхность человеческого тела составляет примерно 15 тысяч квадратных сантиметров. Значит, воздух давит на наше тело с такой же силой, как 15 тысяч килограммовых гирь. Это значит, что мы непрерывно испытываем давление в 15 тонн.

Мы переносим это огромное давление совершенно незаметно для себя, потому что кровь оказывает такое же давление на поверхность нашего тела изнутри. И поэтому внешнему давлению всегда противостоит внутреннее противодавление такой же силы.

В барометре есть небольшая жестяная коробочка, из которой полностью выкачан воздух. Крышечка коробочки вдавливается на



Барометр.

бо́льшую или меньшую глубину изменяющимся воздушным давлением.

К крышечке прикреплен рычажок механизма, соединенного с подвижным указателем, двигающимся вдоль шкалы, деления которой показывают давление в миллиметрах ртутного столба.

Возьмем обыкновенный стенной барометр и совершим с ним небольшое путешествие по дому. Измерим сначала давление воздуха в подвале. Затем поднимемся наверх и измерим давление воздуха на чердаке. При этом мы заметим, что в подвале давление больше, чем на чердаке.

Это естественно, потому что, чем выше мы поднимаемся, тем меньше становится находящийся над нами столб воздуха. Можно обнаружить, что при подъеме на 10 метров давление падает приблизительно на 1 миллиметр. Только перед тем, как делать этот опыт, нужно убедиться, что наш барометр находится в полной исправности и реагирует на малейшие изменения воздушного давления.

Таким образом, барометр можно использовать в качестве альтиметра — прибора для измерения высоты над уровнем моря.

Среднее атмосферное давление на уровне моря, например в Киле, составляет 760 миллиметров. Среднее атмосферное давление на высоте 500 метров над уровнем моря, например в Мюнхене, составляет 713 миллиметров. На высоте 1000 метров, например на горе Брокен, давление только 660 миллиметров. Атмосферное давление в Берлине составляет 756 миллиметров.

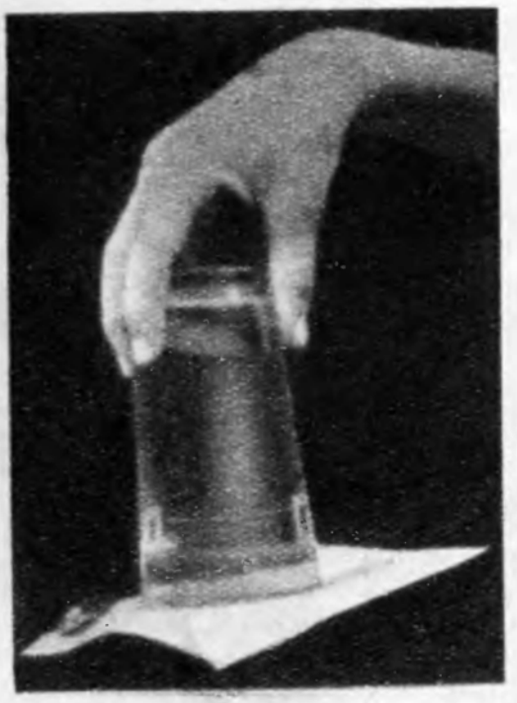
ПЕРЕВЕРНУТЫЙ СТАКАН

Наполним обыкновенный чайный стакан до краев водой. Теперь накроем его кусочком газетной бумаги так, как это показано на рисунке. Плотно прикрыв его рукой, перевернем бумагой вниз. Осторожно уберем руку, держа стакан за дно. Вода не выливается. Почему это происходит?

Воду удерживает давление воздуха. Как мы уже говорили, давление воздуха распространяется во все стороны одинаково. Значит, и вверх тоже. Бумага служит только для того, чтобы поверхность воды оставалась совершенно ровной.

Если мы теперь поставим стакан на покрытый клеенкой ровный кухонный стол, то можно даже осторожно вытянуть из-под него бумагу. Вода по-прежнему останется в стакане, несмотря на то что он перевернут отверстием вниз.

Это, конечно, необычно. Предложим кому-нибудь, кто не видел начала нашего опыта, взять стоящий на столе стакан. Он будет, разумеется, немного испуган маленьким водопадом, который неожиданно польется из взятого им стакана.

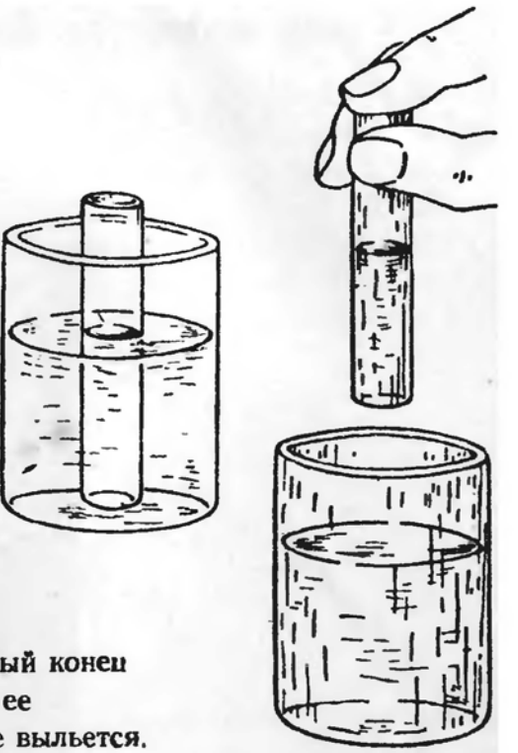


Из перевернутого стакана вода не выливается.

Перевернутый стакан, наполненный водой, стоит на столе.



БЮРЕТКА



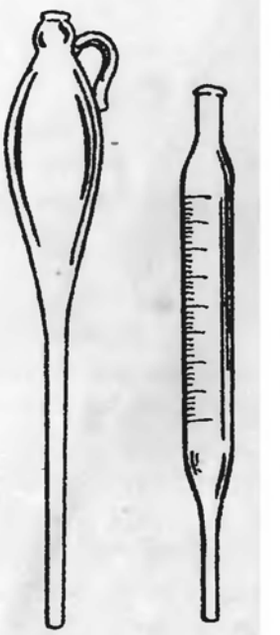
Если мы опустим стеклянную трубку
в стакан, наполненный водой,
вода в трубке будет находиться
на таком же уровне,
как и в стакане.

Если мы закроем свободный конец
трубки пальцем и вынем ее
из стакана, вода из нее не выльется.

Вода в трубке, как это видно на рисунке, удерживается давлением воздуха. Так как воздух давит одинаково во все стороны, то, значит, он давит и вверх, на основание водяного столба в трубке, и, таким образом, не дает ему вылиться наружу. Этот способ применяется обычно для набора жидкости из больших сосудов и бочек.

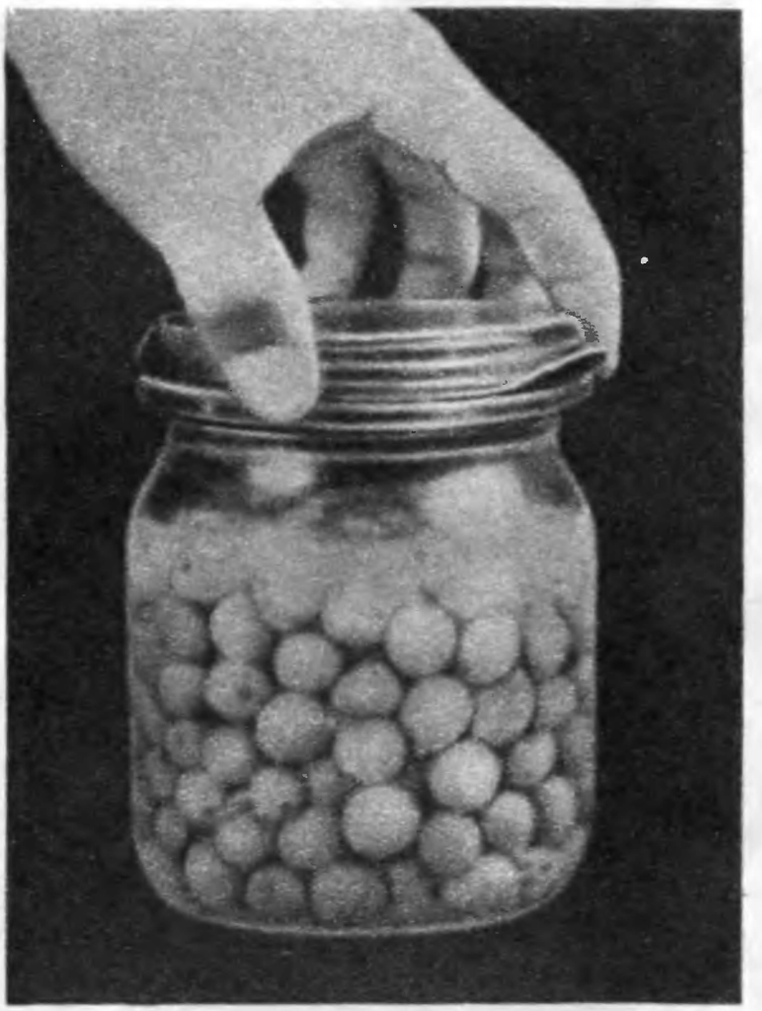
Химики применяют с аналогичной целью так называемые бюретки, при помощи которых они достают небольшие количества жидкостей из банок. Для этого они погружают бюретку (см. рисунок) в соответствующую жидкость. Опустив ее до нужного деления нанесенной на нее шкалы, закрывают пальцем ее наружный конец и вынимают из сосуда.

В бюретке остается количество жидкости, обозначенное на шкале, например 25 кубических сантиметров.



Слева — бюретка;
справа — пипетка.

ПРОСТРАНСТВО, ИЗ КОТОРОГО ВЫКАЧАН ВОЗДУХ



Такую банку можно поднять, держа ее за крышку.

Мы можем взять за крышку стеклянную консервную банку, вроде той, что показана на рисунке, и поднять. Даже если мы сильно потянем за крышку, то не сможем ее снять — так крепко сидит она на банке. Только когда мы выдернем резиновое кольцо, находящееся между банкой и крышкой, внутрь банки пройдет воздух, и мы легко поднимем крышку.

Для того чтобы закупорить такую банку, ее опускают на некоторое время в кипящую воду. Находящийся внутри банки воздух нагревается и частично выходит из нее наружу. Затем банку закрывают.

Когда она остынет, образовавшийся внутри нее водяной пар ося-

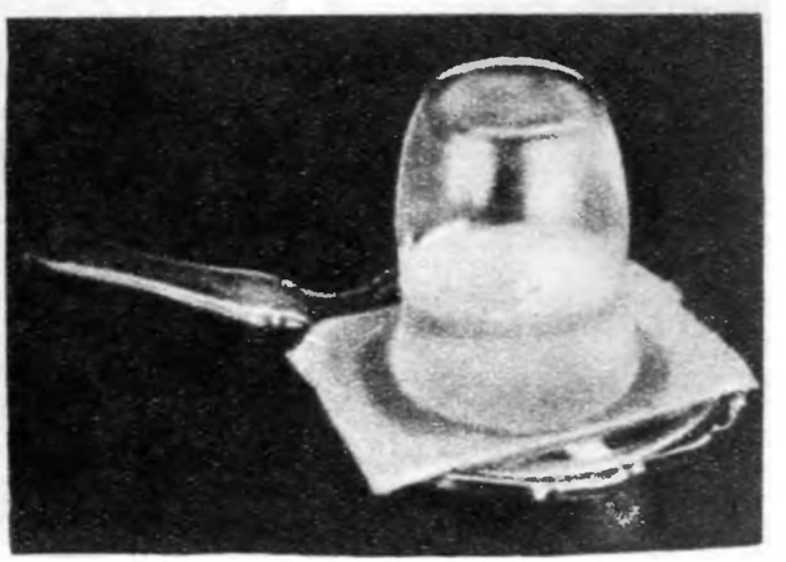
дет мелкими капельками на стенках, и в банке образуется сильно разреженное пространство.

Наружный воздух давит на каждый квадратный сантиметр крышки с силой 1 килограмм. Если диаметр крышки равен 10 сантиметрам, то поверхность ее составляет приблизительно 80 квадратных сантиметров. Значит, воздух давит на крышку с силой 80 килограммов. Разумеется, совершенно невозможно поднять рукой такую тяжесть, поэтому снять крышку можно, только выдернув предварительно резиновое кольцо и впустив внутрь банки окружающий воздух, который уравновесит давление атмосферы.

ПРОСТРАНСТВО С СИЛЬНО РАЗРЕЖЕННЫМ ВОЗДУХОМ

Вот чайный стакан, до половины наполненный водой. Закроем его кусочком плотной промокательной бумаги, а сверху еще куском стекла, например небольшим зеркальцем. Теперь перевернем стакан и поставим его на стол. Промокашка быстро напитается водой, и, следовательно, воздух в стакане займет немного больший объем, чем он занимал до этого. Значит, над водой образуется разреженное пространство.

Теперь снова перевернем стакан, придерживая одной рукой зеркальце. Оказывается, что стакан прочно «приклеился» к зеркальцу и не падает. Разреженное пространство оказывает всасывающее



Фильтровальная бумага отсасывает воду из стакана.



Стакан «присосался» к зеркальцу.

действие настолько большое, что удерживает в воздухе стакан вместе с налитой в него водой.

Эта способность разреженного воздушного пространства присасываться к гладким поверхностям иногда используется при оборудовании витрин. Для этого употребляются маленькие резиновые тарелочки, на которых держатся легкие предметы, выставленные для обозрения. Такие тарелочки плотно «приклеиваются» к стеклу, удерживая выставленные предметы в нужном положении.

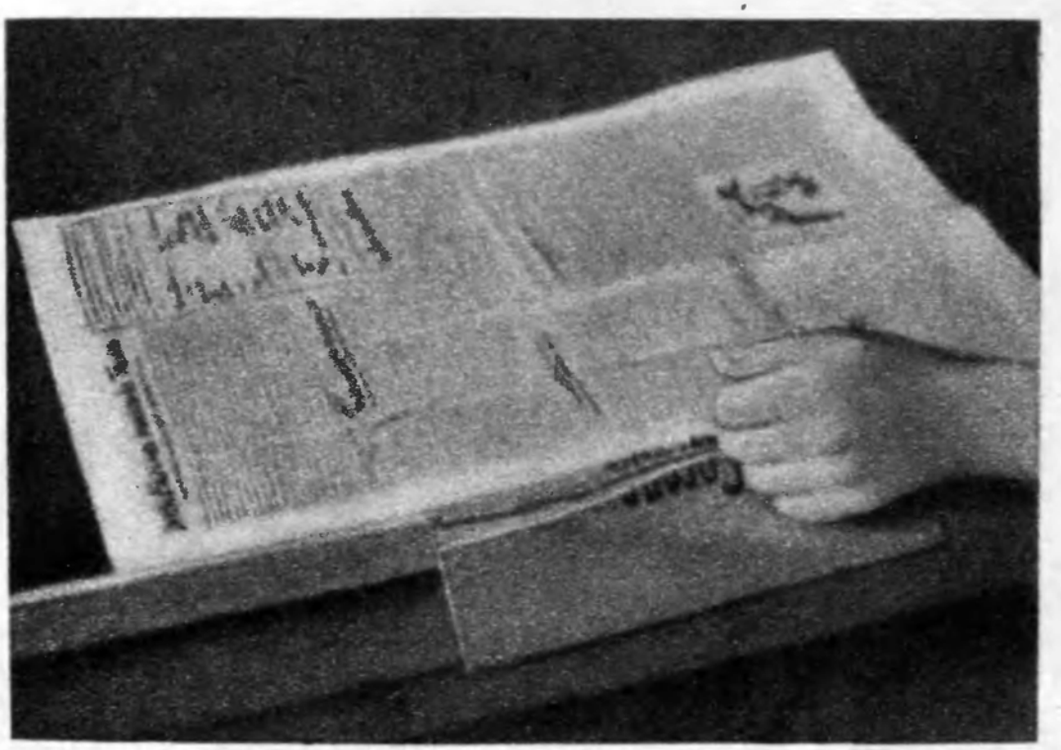
Многие низшие животные, например пиявки, имеют специальные присоски, с помощью которых они присасываются к коже других животных. Удивительная способность мух подниматься вертикально по гладкому оконному стеклу и свободно разгуливать по потолку также основывается на действии крошечных присосок, которыми снабжены мушиные лапки. Даже сравнительно крупные животные, такие, как древесные лягушки, могут держаться на оконном стекле благодаря присоскам, которыми снабжены их лапки.

ИСПЫТАНИЕ СИЛЫ ВОЗДУШНОГО ДАВЛЕНИЯ

Положим небольшую тонкую дощечку на край стола так, чтобы одна ее половина свешивалась над полом. Стоит нам слегка прикоснуться к ее висящему концу рукой, как дощечка тут же упадет на пол.

Положим дощечку опять на прежнее место и закроем газетой ее конец, лежащий на столе (так, как это показано на рисунке). Тщательно разгладим газету таким образом, чтобы она плотно прилегала к столу и нашей дощечке, а также аккуратно примнем газету по краю дощечки.

Теперь ударим коротким и сильным ударом по выступающему концу дощечки. У нас не хватит силы сбросить ее на пол. Это происходит потому, что газета, имея бóльшую поверхность, испытывает соответственно большее воздушное давление, которое и прижимает дощечку к столу, не давая ей упасть на пол.



Сильный удар по концу дощечки ломает ее.

ВСАСЫВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА



Целлулоидный шарик прыгает в воздушном потоке.

Воздушный поток, проходя над верхним краем вертикально расположенной тонкой трубочки, создает в ней всасывающую силу. Если трубочка опущена в жидкость, она всасывает эту жидкость. Когда жидкость, поднявшись по трубке, попадает в воздушный поток, он подхватывает ее и распыляет на мелкие капельки.

Всасывающее действие тем сильнее, чем больше скорость воздушного потока. На этом принципе основано устройство различных пульверизаторов, например тех, которые применяются для обрызгивания лица одеколоном. Подобным же образом устроены специальные распылители красок и лаков, с помощью которых производится очень тонкая и равномерная окраска различных предметов.

Положим на одно отверстие трубки, с помощью которой можно пускать мыльные пузыри, кусочек бумаги и дунем как следует в противоположное отверстие. Можно было бы ожидать, что поток воздуха сбросит бумажку. В действительности, однако, получается наоборот. Всасывающее действие воздушного потока плотно притягивает бумажку, так что ее совершенно невозможно сдуть.

На всасывающем действии воздушного потока основано устройство забавной игрушки. Маленький целлулоидный шарик повисает в воздухе над срезом трубки, поддерживаемый воздушным потоком. Это показано на рисунке. Шарик поднимется только на несколько сантиметров вверх, а затем повиснет в воздухе, слегка раскачиваясь из стороны в сторону. Таково всасывающее действие воздушного потока.

КОЛЬЦО ДЫМА



Таким простым способом можно получать дымовые кольца.

Возьмите картонную коробочку с плотно прилегающей крышкой и вырежьте в крышечке отверстие диаметром 3 сантиметра. Попросите отца вдуть в коробку немного табачного дыма. Теперь ударьте

потихоньку согнутым пальцем по дну коробочки против отверстия. Из отверстия выскочит красивое дымовое кольцо.

Можно пустить десятки таких колец и при этом каждый раз наблюдать возникающее внутри них вращательное движение. С помощью коробочки бóльшего размера можно получать большие и плотные кольца, сохраняющиеся 10—15 секунд после вылета из отверстия коробочки. Если такое кольцо встретит пламя свечи, то пламя опадет или потухнет совсем, как только дым коснется фитиля.

Если в коробочке находится только воздух, то аналогичным путем можно получать подобные же крутящиеся воздушные кольца, которые, однако, остаются невидимыми. Обнаружить их удается по их действию, например, на пламя свечи. Для этого нужно наполнить коробочку дымом и нацелить ее таким образом, чтобы каждое кольцо попадало в пламя свечи и гасило его.

Когда весь дым выйдет из ящичка, погасите свечу таким же ударом по донышку ящичка, как делали это до сих пор с помощью дыма. Заметив место расположения коробочки и свечи, можно проделать последнюю часть опыта отдельно. Это несомненно произведет большое впечатление на зрителей, которым будет трудно сразу сообразить, что же именно тушит свечу, — ведь воздушные кольца совершенно незаметны для глаза.

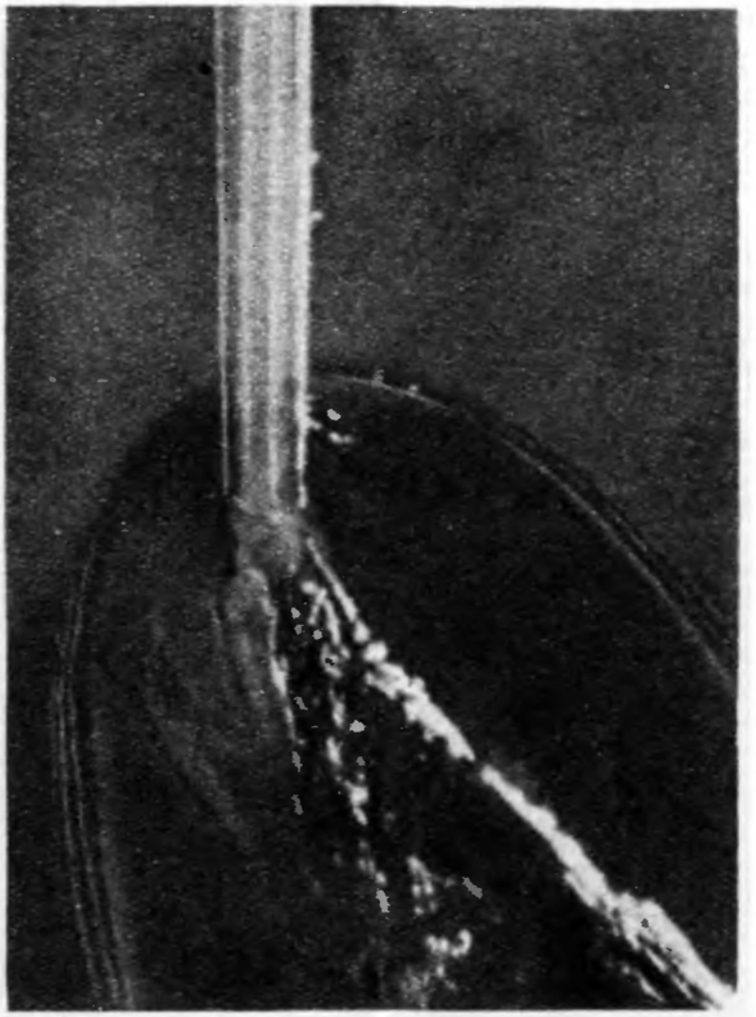
ОБТЕКАЕМЫЕ ТЕЛА В ВОДНОМ ПОТОКЕ

Проделаем несколько поучительных опытов в текущей воде, на берегу ручья или реки.

Если сделать из дерева маленькую лодочку хорошо обтекаемой формы и пустить ее на какой-нибудь нитке в воду, позади этой лодочки нельзя будет заметить почти никаких завихрений. Многие рыбы и птицы имеют форму тела, приближающуюся к идеально обтекаемой. Это дает им возможность очень быстро передвигаться.

Опустим в водяной поток какую-нибудь палку. Легко увидеть, что позади палки вода находится в своеобразном круговом движении. Эти смешно вращающиеся водяные струйки называются завихрениями. Постепенно эти завихрения ослабевают и уносятся потоком. Так как непрерывно возникают новые завихрения, образуется целая «полоса» завихрений.

Для возникновения этого явления не имеет никакого значения, опустим ли мы палку в поток воды или будем быстро передвигать



Позади палки, опущенной в текущую воду, можно заметить завихрения.

ее в спокойной воде. В обоих случаях позади палки образуются эти своеобразные водные потоки, всасывающее действие которых значительно притормаживает движение палки или первоначальное движение водяного потока.

Подобные же завихрения, но только уже в воздушном потоке, можно наблюдать осенью на автомобильных дорогах, когда они покрыты большим количеством опавших листьев. За проезжающим автомобилем всегда образуются такие же завихрения, как и в воде за палкой. Увлекая за собой листья, эти воздушные потоки становятся видимыми. Такие завихрения и являются одной из важнейших причин, вызывающих то сопротивление воздуха и жидкости, которое они оказывают движущемуся в них телу.

Поэтому гоночным автомашинам, быстроходным локомотивам и морским судам придают каплеобразную, так называемую обтекаемую, форму, которая значительно уменьшает количество образующихся завихрений.

РАСШИРЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛОТЫ



Воздух, нагретый теплом рук, расширяется и давит на воду, поэтому уровень жидкости в трубке повышается.

Пробку, туго вставленную в бутылку из тонкого стекла, нужно проткнуть раскаленной вязальной спицей. В это отверстие вставить тонкую стеклянную трубку, погрузив ее одним концом в воду.

Достаточно подержать в теплых руках бутылку, чтобы находящийся в ней воздух расширился и начал выдавливать воду через тонкую трубку наверх. Чем больше нагревание, тем сильнее расширяется воздух. Если какой-нибудь газ при постоянном давлении нагреть от нуля до 1 градуса тепла, то он расширится на 1/273 часть своего объема. И при дальнейшем нагревании до 2, 3, 4 и т. д. гра-

дусов объем газа увеличивается каждый раз на 1/273 часть того объема, который он имел при нуле градусов.

Жидкости тоже расширяются от нагревания. Однако их расширение гораздо меньше, чем расширение газов. При одинаковом нагревании разные жидкости расширяются различно. Например, расширение ртути или спирта под влиянием тепла используется в различных системах термометров для измерения температуры.

Железнодорожный рельс длиной 8 метров расширяется при нагревании на 50 градусов более чем на 4 миллиметра. Поэтому при укладке железнодорожных рельсов между ними всегда оставляют небольшой зазор для теплового расширения. И при строительстве железных мостов тоже приходится оставлять значительные зазоры, чтобы тепловое расширение не повлекло за собой разрушения конструкции.

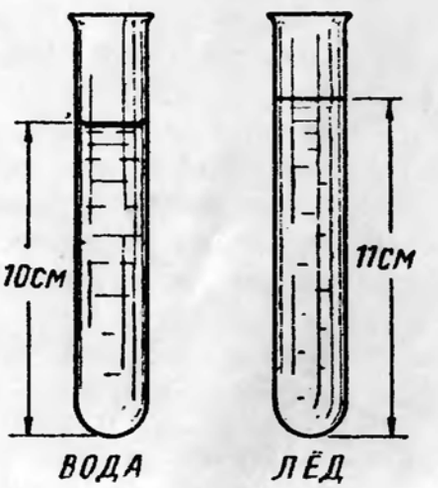
РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЛЬДА

Если вода замерзнет в закрытом сосуде, его стенки будут разорваны. Даже стальные бочки и трубы, например водопроводные, часто разрываются, если в них замерзает вода.

Лед занимает бóльший объем, чем та вода, из которой он образовался. Из 10 литров воды образуется 11 литров льда. Это значительное увеличение объема, которое происходит при обращении воды в лед, может повлечь за собой большие разрушения.

В противоположность воде, большинство жидкостей при затвердевании уменьшает свой объем. При затвердевании 96 литров жидкого железа его объем уменьшается на 1 литр. Эта усадка затвердевшего металла должна точно учитываться при производстве литья.

В естественных условиях разрывное действие льда играет большую роль при разрушении горных пород и разрыхлении почвы в результате замерзания воды, попавшей в их трещины.



Наполним пробирку водой. Если теперь эту воду заморозить, объем ее увеличится.

В горных местностях иногда из-за того же разрушительного действия льда возникает опасное явление — каменные лавины. В гораздо меньшем масштабе можно наблюдать это явление на домах, когда зимой вода попадает на поврежденные места штукатурки.

Поверхность почвы разрыхляется не только вследствие разрывного действия воды, превратившейся в лед. Это происходит уже при охлаждении воды от плюс 4 до 0 градусов Цельсия. Дело в том, что наименьший объем вода имеет при температуре плюс 4 градуса. Это означает, что уже при понижении температуры до точки замерзания и в еще большей степени дальше — при образовании льда — вода расширяется. В этом отношении вода ведет себя совершенно иначе, чем большинство других веществ.

ПАР

Водяной пар так же невидим, как и воздух. В быту часто ошибочно называют паром водяной туман — мельчайшие, взвешенные в воздухе капельки воды.

Поскольку в таком тумане вода находится в форме жидкости, называть туман паром нельзя.

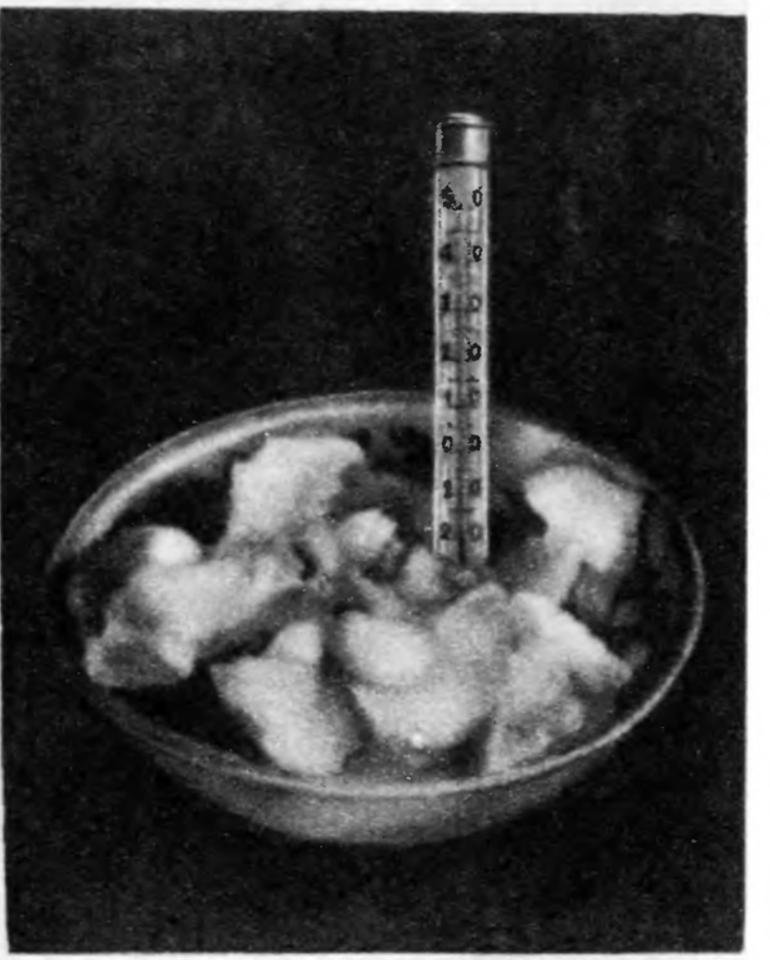
Выдыхаемый нами из легких водяной пар так же невидим, как и воздух, которым мы дышим. И только тогда, когда водяной пар сгустится в крошечные капельки воды, он становится видимым. Это происходит в холодную погоду, когда выдыхаемый нами водяной пар сразу сгущается в капли воды. Если мы подуем на холодное стекло, оно сразу покроется тонкой матовой пленкой. Это на нем осядут мельчайшие капельки воды. Если посмотреть на это место через увеличительное стекло, можно увидеть множество мельчайших капелек воды, примерзших к оконному стеклу.

Из литра воды при испарении образуется 1700 литров пара. Такое большое увеличение объема при испарении воды используется в паровых машинах. Очень опасно поэтому кипятить воду в плотно закрытом сосуде, если он не имеет специального клапана для выпуска излишнего пара. Ведь может случиться, что его стенки не выдержат сильного внутреннего давления и будут разорваны паром. Получится настоящий взрыв.

Если мы поставим на огонь кастрюлю с водой, то подводимое к ней тепло сначала будет расходоваться на нагревание кастрюли и воды. Температура воды будет подниматься все выше и выше, пока, примерно при плюс 100 градусах, достигнет точки кипения. Подводимое дальше тепло будет расходоваться исключительно на испарение воды, температура которой уже больше подниматься не будет.

Когда домашняя хозяйка опускает кастрюлю в бак с кипящей водой, температура воды в кастрюле может быть доведена до плюс 100 градусов, но вода в ней никогда не закипит, потому что она не будет получать необходимого для этого тепла. Подводимое к баку тепло будет расходоваться на испарение находящейся в нем воды. На этом основано устройство практически очень удобного приспособления, называемого «горячей ванной». Оно служит для приготовления и разогревания различных кушаний или кофе, который, как известно, теряет вкус при повторном кипячении.

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ



В смеси снега и соли температура падает до минус 18 градусов.

Если смешать три весовые части снега с одной весовой частью соли, то снег растает. Когда снег тает, это значит, что температура его поднялась выше 0 градусов. Но в нашем случае термометр по-

кажет температуру тающего снега минус 18 градусов. Значит, можно получить понижение температуры, если смешать снег или толченый лед с солью. Такие смеси называются охлаждающими.

«Замерзшие» стрелки трамвайных линий или «замерзшие» ворота шлюзов могут оттаять, если посыпать их солью. Для этой цели применяется обычно кормовая соль, то есть свежедобытая и неочищенная соль, добавляемая обычно в корм скоту.

В продаже имеются различные химикалии, которые при растворении в воде понижают ее температуру ниже 0 градусов и таким образом делают пригодной для охлаждения различных кушаний и напитков.

Охлаждающая смесь изо льда с солью встретила серьезного конкурента после изобретения пищевого льда. Но еще и сейчас кондитер работает большей частью с охлаждающими смесями. Жидкость, состоящая из смеси молока, шоколада и сахара, наливается в металлический барабан, стоящий в бочке с охлаждающей смесью. Барабан начинают крутить, и его содержимое непрерывно переливается. Таким образом все частички смеси постепенно приходят в соприкосновение с сильно охлажденными стенками барабана и замерзают.

Вкус мороженого зависит от различных специй, от температуры и способа приготовления.

ЛЕД ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Натянутая проволока перерезает лед, но линии разреза увидеть нельзя: над режущей лед проволокой он остается совершенно целым. Что же здесь происходит?

Лед тает в том месте, где на его поверхность оказывается сильное давление. Проволока с висящей на ней гирей давит на ледяную подставку, и поэтому лед под проволокой тает.

В образовавшемся тонком слое воды проволока погружается глубже, а над ней вода снова замерзает, потому что на нее уже ничто не давит. Когда проволока перережет весь ледяной брусок и упадет, шов почти невозможно разглядеть: брусок остается почти совершенно неповрежденным.

Таким образом мы выяснили, что точка плавления льда зависит от давления. Напомним, что точкой плавления называется температура, при которой происходит плавление. Чем больше давление, тем выше и точка плавления.

Наденем на брусок льда тонкую
проволочную петлю
и подвесим на нее тяжелую гирю.
Через каких-нибудь полчаса
проволока перережет лед до середины.



Это явление широко используется при катании на коньках. Тело конькобежца всей своей тяжестью давит на тонкие полозья коньков, которые поэтому с большой силой врезаются в находящуюся под ними поверхность льда. В результате этого она тут же тает. Образовавшийся тонкий слой воды играет роль смазки — конькобежец легко скользит по льду. Вода играет роль машинного масла, уменьшающего трение. Как только конек сдвинулся с места давление на лед уменьшилось, и только что образовавшаяся вода тут же замерзла.

Когда мы лепим снежок, часть снега тает и как бы склеивает оставшуюся его массу. Происходит это не столько под влиянием теплоты наших рук, сколько вследствие того давления, которое мы оказываем руками на комок снега.

Это видно хотя бы из того, что, сильно сдавив комок снега и потом отпустив его, мы можем получить твердый, как лед, снежный ком.

Ледники представляют собой медленно стекающие с высоких гор ледяные реки. Подвижность твердых ледяных масс основывается на том, что нижние слои тают под давлением вышележащих масс льда, и таким образом вся масса перемещается вниз по склону.

ОДЕКОЛОН ОХЛАЖДАЕТ

Пахучие вещества, входящие в состав одеколона, растворены в спирту. Спирт — это жидкость, которая кипит при 78 градусах Цельсия, а при более низких температурах легко испаряется.

Кипят и испаряются все жидкости, в том числе и вода. Кипение — это быстрое парообразование, происходящее при температуре кипения жидкости, если к ней обеспечивается непрерывный приток тепла.

Испарение — это процесс медленного парообразования, который наблюдается при любой температуре. Но и для медленного испарения, как, например, в случае, изображенном на рисунке, необходимо тепло, которое в этом случае получается от рук. Благодаря этому и возникает охлаждающее свойство одеколона.

Каждый испытал нечто подобное, когда стоял на жаре в мокром купальном костюме. Это охлаждение вследствие испарения возникает потому, что вода, испаряясь, потребляет теплоту, которую она в данном случае получает от нашего тела.

Испарение усиливается на ветру, потому что ветер быстро уносит в сторону образовавшийся водяной пар и таким образом создает предпосылку для более быстрого испарения. Мы бессознательно используем это явление, когда дуем на горячий чай или молоко.

ТУМАН В БУТЫЛКЕ ЛИМОНАДА

Откроем бутылку лимонада и отольем из нее один стакан. После этого сразу плотно закроем бутылку. Сейчас она у нас наполнена больше чем наполовину.

Встряхнем ее как следует и поставим на стол. Если мы теперь быстро ее откроем, то все пространство над поверхностью жидкости заполнится густым туманом, который только постепенно рассеется и исчезнет. Что же здесь произошло?

При выливании лимонада в бутылку проник воздух. Так как воздух соприкасался с водой, он содержит определенное количество водяных паров. Это значит, что в воздухе есть какое-то количество газообразной воды. Чем выше температура воздуха в бутылке, тем больше в нем содержится водяных паров.

При встряхивании закрытой бутылки из лимонада выделился содержащийся в нем углекислый газ, и в пространстве над лимонадом

создалось повышенное давление. Если мы сразу откроем бутылку, часть воздуха моментально выйдет, и давление мгновенно упадет.

При быстром уменьшении давления и расширении все газы охлаждаются. Вследствие внезапного охлаждения в этом небольшом объеме воздуха уже не может содержаться столько газообразной воды, сколько было перед этим. Поэтому часть этой воды сгущается в мельчайшие водяные капельки, образуя тот самый туман, который мы видели во время нашего опыта. Примерно таким же путем образуется туман и в природе.

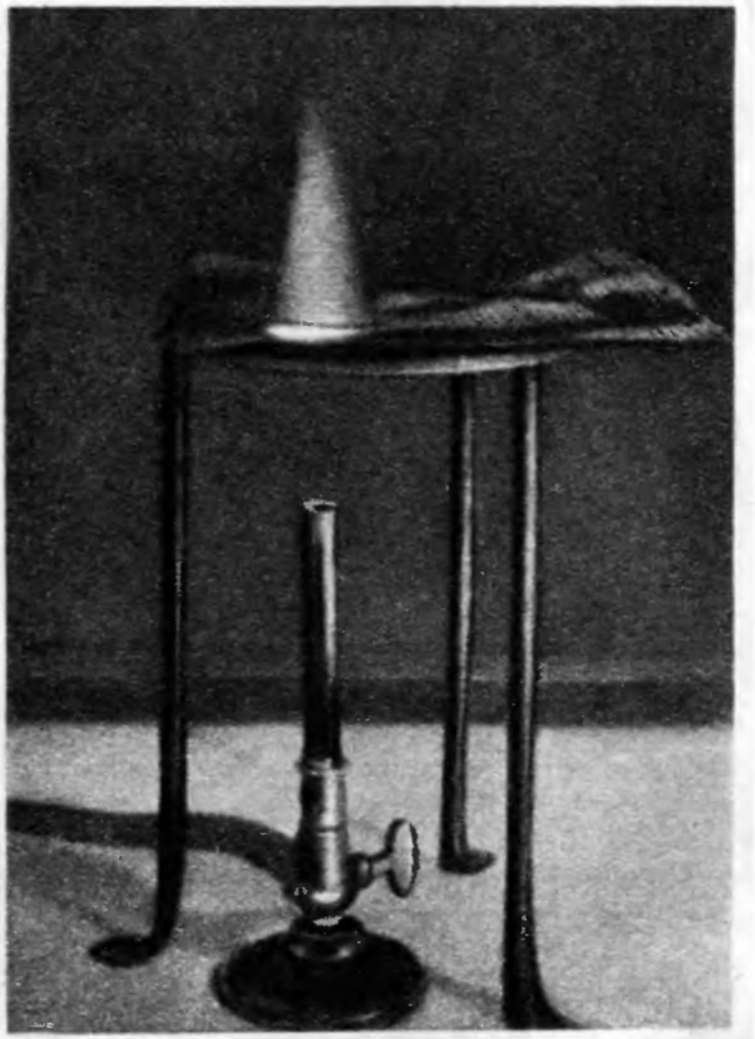
В технике низких температур с помощью внезапного понижения давления сильно сжатых газов получают самые низкие температуры. Выработаны определенные способы, позволяющие получать температуры, близкие к абсолютному нулю, то есть к минус 273 градусам. При таких температурах превращаются в жидкость, а потом затвердевают воздух и все остальные газы.



Густой туман поднимается в бутылке над поверхностью лимонада.

Следовательно, мы выяснили, что сжатые газы охлаждаются, если быстро уменьшить давление и увеличить их объем. И наоборот — при быстром сжатии температура газов повышается. Последнее обстоятельство замечал каждый, кому приходилось накачивать велосипедные или автомобильные шины: при быстрой работе насос заметно нагревается.

ПЕРЕДАЧА ТЕПЛА



Газовая струя горит только над поверхностью проволочной сетки.

Поставим газовую горелку под треножник и положим на него металлическую сетку с узкими ячейками (так, как это показано на рисунке). Теперь зажжем газ над сеткой. Мы заметим, что пламя не проходит под решетку. Это происходит потому, что металлическая

сетка отводит тепло в сторону и отдает его окружающему воздуху. Поэтому газ под решеткой остается холодным и не загорается.

Все металлы являются хорошими проводниками тепла. Поэтому, между прочим, рукоятка кочерги делается из дерева: оно плохо проводит тепло и не нагревается, тогда как любая металлическая рукоятка при перемешивании угля в печке быстро раскалилась бы так, что ее нельзя было бы держать в руке.

Мы никогда не будем пытаться взять руками даже длинную проволоку, один конец которой раскален докрасна, — ею легко можно обжечь себе руки. Зато даже сравнительно короткую стеклянную палочку можно свободно держать в руках, когда один конец ее раскален. Это говорит о том, что стекло является плохим проводником тепла.

Перины, шубы и шерстяная одежда удерживают тепло только благодаря тому, что неподвижный воздух является очень плохим проводником тепла. Отдельные петли шерстяного трикотажа с содержащимися между ними многочисленными прослойками воздуха играют роль крошечных оконных переплетов, не пропускающих наружу тепло нашего тела.

На сильно раскаленной плите мы можем наблюдать своеобразную игру водяных капель. Стоит брызнуть на нее водой, и капли начинают, шипя, «бегать» и «танцевать» на поверхности плиты, не превращаясь немедленно в пар. Причина этого в том, что при соприкосновении с плитой вокруг капли образуется сразу тонкий слой пара, на котором она и держится. Пар, как и воздух, является плохим проводником тепла, благодаря чему он защищает каплю от соприкосновения с плитой и немедленного испарения.

Слой разреженного воздуха является еще лучшей теплоизоляцией, чем воздух при обычном давлении. Это используется в различных термосах для того, чтобы держать горячими или, наоборот, холодными налитые в них жидкости.

Термос представляет собой стеклянную бутыль с двойными стенками, из пространства между которыми выкачан воздух. Такая система препятствует оттоку или проникновению тепла еще лучше, чем двойные оконные рамы.

СКВОЗНЯК

Если открыть дверь, ведущую из теплой комнаты в более холодный коридор, то с помощью горящей свечи легко можно наблюдать возникающие воздушные потоки. Поставим свечу на пол перед слегка приоткрытой дверью. Пламя свечи, как флажок на ветру, откло-

нится в сторону комнаты. В то же время против верхней части двери то же пламя будет отклоняться в сторону коридора. Это значит, что вверху воздух вытекает из комнаты, в то время как внизу поток его направлен внутрь.

В теплой комнате нагретый воздух расширяется, и плотность его становится меньше. Поэтому он и вытекает в более прохладное помещение через верхнюю часть дверного проема. Вследствие этого в комнате устанавливается давление воздуха ниже наружного, и более холодный воздух из коридора устремляется внутрь комнаты.

Различная степень нагрева земной поверхности солнечными лучами определяет и различную степень нагрева нижних слоев земной



Потоки воздуха возле двери.

атмосферы. Из-за этого над большими участками земной поверхности возникают воздушные течения, аналогичные по своей природе только что описанному. В тропической зоне, например, воздух разогревается больше, чем в северном и южном умеренных поясах. Сильно нагретые воздушные массы поднимаются вверх и перетекают в северном и южном направлении. В то же время у самой земной поверхности текут к экватору массы более холодного воздуха. Эти воздушные потоки называются пассатами. В Северном полушарии они дуют с северо-востока на юго-запад. Отклонение от прямого направления с севера на юг вызывается вращением Земли вокруг своей оси.

Пассаты возникают в областях, расположенных ближе к земной оси, чем соответствующие точки экватора. Значит, увлекаемые ими воздушные массы имеют меньшую скорость, чем точки экватора, в сторону которых они перемещаются. Поэтому воздушные массы, образующие пассаты, несколько отстают от точек земной поверхности, которые быстро проносятся под ними с запада на восток. При вступлении в экваториальную зону пассатные ветры Северного полушария испытывают отклонение направо, если смотреть в сторону движения ветра.

На берегу моря можно заметить еще и такое явление: в течение всего дня воздух дует большей частью с моря на сушу. Это объясняется тем, что суша нагревается быстрее, чем водная поверхность. Поэтому и воздух над ней нагревается быстрее и устремляется вверх. Внизу же более холодный воздух течет с моря в сторону суши. Ночью происходит обратное явление: воздух над сушей быстрее остывает, чем над водой, поэтому и ветер дует большей частью с берега в сторону моря.

ТЕПЛОТА И ДВИЖЕНИЕ

Если мы сильно потрем резинку о бумагу и дотронемся до того ее места, которое только что соприкасалось с бумагой, то заметим, что резинка заметно нагрелась. Трение вызывает теплоту.

Применение силы при одновременном движении вызывает механическую работу. Механическая работа легко преобразуется в теплоту, и наоборот—теплота легко преобразуется в работу. Пример тому — паровая машина. Такое легкое превращение движения в теплоту и наоборот заставляет предполагать между ними глубокую внутреннюю связь.

Ученые установили, что теплота и движение — явления одной и той же природы. Каждое вещество, например газ, состоит из мельчайших частиц — молекул, которые, в свою очередь, состоят из еще более мелких частиц — атомов. Так как воздух представляет собой смесь главным образом двух газов—азота и кислорода, то и состоит он в основном из молекул азота и кислорода.

Ученые установили также, что все молекулы находятся в непрерывном движении. Молекулы азота и кислорода, из которых состоит воздух, а также молекулы всех остальных веществ участвуют в очень быстром движении.

Это движение совершенно беспорядочно — хаотично. И оказывается, чем сильнее нагрет воздух, тем больше скорость движения его молекул. Так, например, при комнатной температуре молекулы азота и кислорода имеют огромную скорость — приблизительно 500 метров в секунду. Температура любого тела связана со скоростью движения его молекул. Чем горячее кажется нам какое-нибудь тело, тем, значит, больше скорость движения его молекул.

ЗВУК

КОЛЕБАНИЯ И ЗВУК

Ударив по клавишам детского ксилофона, мы заставим их колебаться. Они колеблются вверх и вниз и создают воздушные волны, которые и воспринимаются нами как звук. Частицы воздуха, соприкасающиеся со стальными пластинками ксилофона, испытывают серию последовательных толчков, которые и передают дальше. Эти-то воздушные толчки, достигая нашей барабанной перепонки, и воспринимаются нами в качестве звука.

Чем короче стальная пластинка, тем быстрее она колеблется и тем выше издаваемый ею звук.

Первая струна скрипки имеет, как говорят специалисты, число колебаний 440 герц. Герц означает одно колебание в секунду. Эта единица измерения получила свое название в честь знаменитого немецкого физика Генриха Герца, открывшего электрические волны, которые нашли себе потом широкое применение, в частности, в радиосвязи.

Килогерц — специальный термин, означающий 1000 колебаний в секунду. В радиотехнике применяются волны с большим числом колебаний, которые измеряются в килогерцах или в мегагерцах (мегагерц означает миллион колебаний в секунду).

Колеблющиеся тела издают звуки, если число их колебаний находится в пределах от 20 до 20 тысяч в секунду. Колебания тела меньше 20 и больше 20 тысяч в секунду также вызывают воздушные волны, но человеческим ухом они не воспринимаются, поэтому мы их не слышим.

Различные животные, например собаки, воспринимают воздушные колебания, имеющие частоту и больше 20 тысяч герц. На этом, между прочим, основано применение особых свистков для вызова служебных собак.

Этот свисток люди не слышат, потому что число его колебаний больше 20 тысяч в секунду, но собаки немедленно на него откликаются.

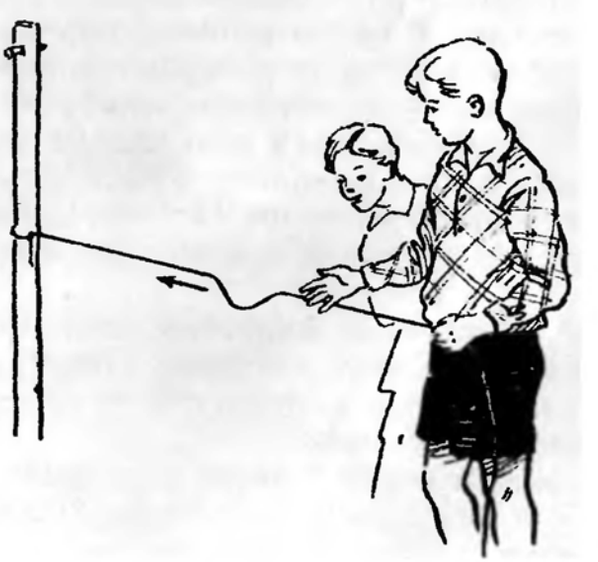
Один хитрец применил подобный свисток для того, чтобы показывать в цирке «сверхъестественную» собаку, умеющую производить довольно сложные арифметические подсчеты. Кто-либо из публики ставил собаке какую-нибудь арифметическую задачу, например, два умножить на три, или из семи вычесть четыре, или извлечь корень квадратный из девяти.

После короткого «раздумья» собака без запинки решала подобные задачи, каждый раз пролаяв столько раз, сколько единиц содержалось в искомом числе. При этом собака ни разу не сделала ошибки.

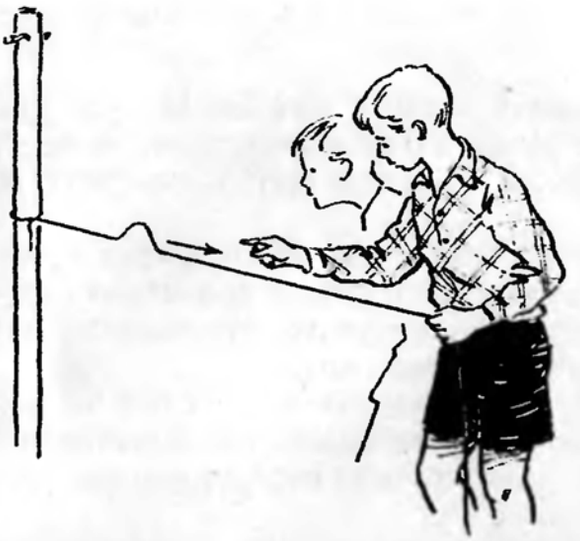
Объяснялся фокус весьма просто: дрессировщик выучил свою собаку отвечать лаем на определенный свисток. Каждый раз, когда она слышала звук, который публика не могла расслышать из-за того, что частота его колебаний была больше 20 тысяч герц, собака коротко лаяла. Дрессировщик держал этот свисток в кармане с присоединенной к нему резиновой грушей. Ему нужно было только слегка нажать на грушу столько раз, сколько раз собаке нужно было пролаять, и «чудо» с собакой-математиком совершалось.

ВОЛНЫ НА ВЕРЕВКЕ

Если мы ударим по веревке ладонью так, как это показано на рисунке, то веревка волнообразно изогнется вниз. Эта волна побежит по веревке к другому ее концу и, натолкнувшись на препятствие, например на столб, к которому привязана наша веревка, вернется



Если ударить ладонью по не очень сильно натянутой веревке, на ней образуется волна, которая побежит от руки к столбу.



Добежав до столба, волна отразится и вернется обратно.

обратно, но уже в виде изгиба, обращенного вершиной вверх. Эти веревочные волны двигаются по веревке с вполне определенной скоростью, которая зависит от материала, из которого сделана веревка.

Отдельные частицы волокон, из которых состоит веревка, перемещаются только в двух направлениях: вверх и вниз. Поэтому своеобразное перемещение «веревочной волны», при котором ее изгиб обращен то вверх, то вниз, и объясняется этим движением. Это называется изменением фазы волны.

Бегущая по веревке волна является примером так называемых поперечных волн. Отдельные участочки веревки двигаются только вверх и вниз.

Водяные волны, имеющие форму кругов, как бы разбегающихся во все стороны от брошенного в воду камня, также представляют собой ряд поперечных поверхностных волн, каждая частица которых колеблется вверх и вниз.

В отличие от них, звуковые волны являются продольными пространственными волнами. Здесь перемещаются не гребень и впадина, а уплотнение и разрежение воздуха.

Эти слои разреженного или, наоборот, уплотненного воздуха, расширяясь, передвигаются во все стороны пространства от породившего их источника звука.

Свет также представляет собой волновое явление. Рассказать подробнее о световых волнах труднее, потому что это гораздо более сложное явление. В частности, наша веревочная волна пробегает за секунду около 20 метров, звуковая волна при 0 градусов покрывает расстояние 333 метра, луч света за то же время проходит 300 тысяч километров.

ИГРА НА БЕРЕГУ

Каждый видел, как на поверхности воды от того места, куда упал камень, во все стороны начинают разбегаться волны, которые постепенно становятся все более плоскими и в конце концов исчезают совсем.

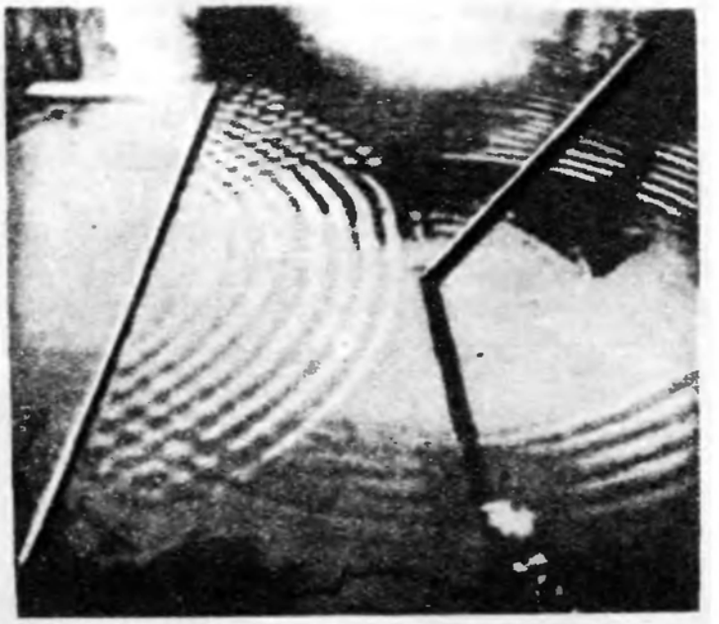
Если мы будем регулярно, через небольшие промежутки времени, опускать в воду и вынимать из нее шест, также возникнет система кольцевых волн. У нас получается впечатление, что вместе с волнами перемещается определенное количество воды.

Однако, если мы, перед тем как бросить камень, пустим на воду несколько щепок, то без труда сможем установить, что эти щепочки, а значит, и вода, на которой они плавают, остаются на одном месте и только колеблются вверх и вниз.

И на самом деле, с быстрым перемещением волн совершенно не



Система кольцевых волн.



Отражение кольцевых волн от плавающей доски.

связано перемещение воды. Каждая частица воды, захваченная такой волной, остается на своем месте и только начинает колебаться вверх и вниз.

Впечатление, что вода перемещается в направлении движения волн, возникает только потому, что мы одновременно видим различные стадии этих вертикальных колебаний воды, и поэтому нам кажется, что масса воды перемещается.

Это можно наблюдать, если смотреть на плывущий мимо большой пароход. От его носа в обе стороны разбегаются две высокие волны, пересекающие водную поверхность и достигающие берега. Если возле берега привязаны лодки, они начинают раскачиваться на этой волне. Лодки не относятся этой волной в сторону — они только несколько раз поднимаются вверх на гребень воды и падают вниз.

Положим на воду большую доску, а рядом с ней создадим систему кольцевых волн так, как мы это делали, опуская туда палку.

Круговые волны будут от доски отражаться. Отраженные волны имеют такую форму, как если бы их центр находился позади доски на таком же расстоянии, на каком опущенная в воду палка находится перед ней. Это напоминает зеркало. Когда мы смотрим в зеркало, нам кажется, что отражение находится на таком же расстоянии позади зеркала, на каком мы находимся перед ним. Это происходит оттого, что свет имеет волновую природу. Отражение света от зеркала происходит таким же образом, как отражение водяных волн от доски.

Круговые водяные волны и отраженные волны пересекаются. На фотографии хорошо видно, что происходит это без малейших помех.

Но в тех местах, где одновременно проходит гребень одной волны и впадина другой волны, их действие уравновешивается и поверхность воды остается ровной. Это пересечение волн и происходящее при этом усиление их (если встречаются два гребня) или взаимное уничтожение (если гребень набегает на впадину) физики называют интерференцией.

Интерференция является причиной очень интересного оптического явления, когда две серии накладывающихся световых волн друг друга взаимно гасят, в результате чего получается полная темнота.

ЭХО

Звуковая волна, которую мы создаем криком, достигнув противоположного склона горы, отражается от него и возвращается назад. Когда она достигает наших ушей, мы слышим это. Если звук, который распространяется во всех направлениях, встречает целый ряд препятствий, находящихся на разных расстояниях от нас, возникает многократное эхо.

Если мы находимся перед скалой на расстоянии 170 метров от нее, то услышим эхо ровно через секунду. Это значит, что звуковая волна потратила ровно секунду, чтобы пробежать расстояние от скалы и вернуться обратно. Значит, скорость звуковой волны в воздухе при комнатной температуре составляет примерно 340 метров в секунду.

Нужно отметить, что скорость звуковой волны в воздухе зависит от температуры. При температуре плюс 18 градусов ее скорость составляет 340 метров в секунду, а при 0 градусов меньше — всего 333 метра.

Для того чтобы слышать эхо, мы должны находиться от препятствия на расстоянии не меньше 17 метров. В этом случае эхо появится после того, как звуковая волна пробежит 34 метра, на что ей потребуется 0,1 секунды. Это минимальное время необходимо для того, чтобы наше ухо смогло отличить эхо от первоначального звука, который его вызвал.

Если мы находимся к препятствию ближе чем на 17 метров, то уже не услышим отчетливого эха, а только какой-то слабый отзвук, почти полностью сливающийся с первоначальным звуком. Такой отзвук всегда бывает слышен в пустой комнате.

Эхо можно услышать и в воде, потому что там также распространяются звуковые волны, которые, достигнув какого-нибудь препятствия, например дна, отражаются от него и идут в обратную сторону. Скорость распространения звуковых волн в воде



Лес и скалы отвечают на крик гулким эхом.

значительно больше, чем в воздухе, — она составляет 1450 метров в секунду.

Если на поверхности воды взорвать хлопушку, звуковая волна пройдет через толщу воды, достигнет дна и отразится от него обратно. Если мы услышим это водяное эхо через 2 секунды, то можем с полным основанием заключить, что глубина водоема — 1450 метров. Мы видим, что с помощью эха можно измерить глубину моря. Этот метод в соединении с точными звукоулавливающими и измеряющими время приборами называется эхолотом.

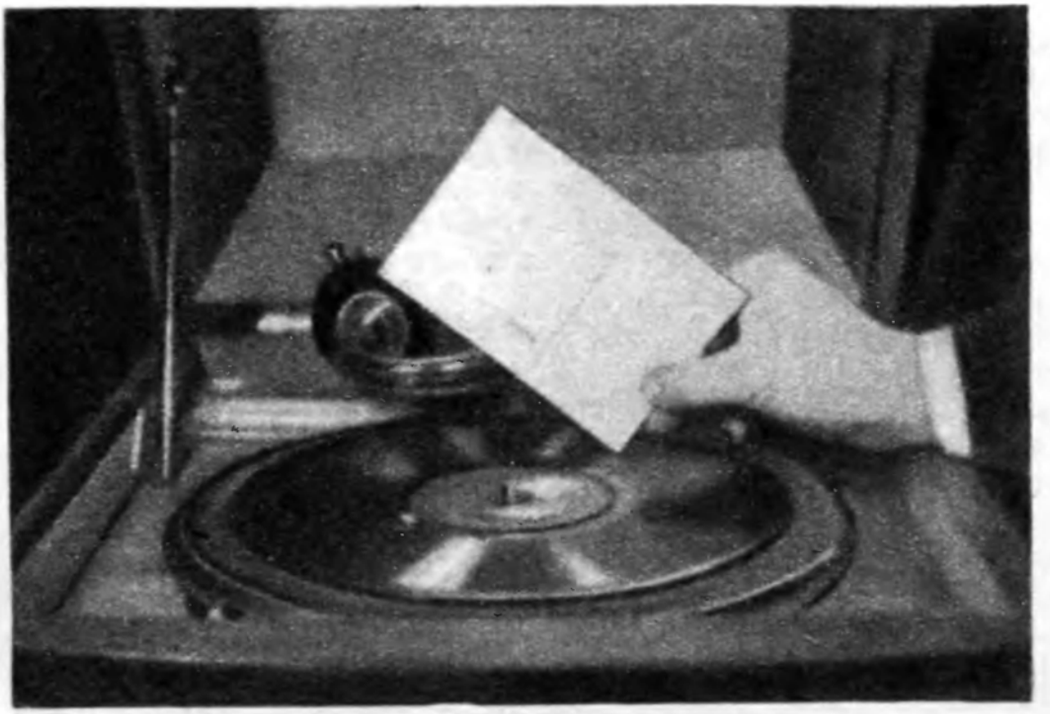
ПОЧТОВАЯ ОТКРЫТКА СОЗДАЕТ МУЗЫКУ

С помощью обыкновенного патефона мы можем проделать такой опыт. Поставим пластинку и заставим ее вращаться. Для того чтобы услышать граммофонную запись, мы, не прибегая к помощи иглы и мембраны, можем использовать обыкновенную почтовую открытку — лучше всего из плотного картона (с острыми уголками).

Взяв ее за один конец (как это показано на рисунке), поставим уголок в начале резьбы граммофонной записи. Почтовая открытка начнет звучать всей мелодией оркестра. Она вполне передает пение или речь, в зависимости от того, какую пластинку мы поставим. Правда, воспроизводимые с помощью открытки звуки получаются тише, чем если бы это была обыкновенная мембрана, но зато они чисты и отчетливы. Так можно проиграть всю пластинку от начала до конца. Для этого нужно только не давать уголку открытки выскакивать из бороздки, в которой записан звук на патефонной пластинке.

На патефонной пластинке нарезана бороздка, которая идет спиралью от края к середине. Дно этой бороздки неровное — на нем записана речь или музыка. Нанесенные на пластинку бугорки и впадинки заставляют определенным образом дрожать открытку, которая передает свои колебания окружающему воздуху. Эти колебания в виде воздушных волн и достигают нашего уха. Барабанная перепонка начинает колебаться в такт этим волнам. Слуховые нервы приносят возникающие ощущения в мозг, где они и воспринимаются как музыка или речь.

То же самое происходит при проигрывании пластинки с помощью патефонной мембраны: иголка начинает колебаться, проходя по тем же бугоркам и впадинам, которые находятся на дне бороздки. Свои колебания она передает мембране. Мембрана — это



Обыкновенная открытка передает музыку или пение, если ее уголок приложить к бороздке вращающейся граммофонной пластинки.

сильно натянутая тонкая кожица, которая особенно хорошо передает музыкальные тона [1].

При записи на пластинке происходит обратный процесс: звуковые волны передаются на специальную режущую иглу, которая и записывает их на мягкой восковой пластинке. В точном соответствии с восковой пластинкой изготовляется металлическая пресс-форма, с помощью которой готовится целая партия граммофонных пластинок.

ЗВУЧАЩАЯ КРЫШКА СТОЛА

Ножки камертона колеблются за секунду много сотен раз. Например, камертон, с помощью которого настраивается первая струна скрипки, делает 440 колебаний в секунду. Эти колебания происходят так, что обе ножки камертона одновременно то сближаются, то расходятся. При этом частицы воздуха то сжимаются в

[1] Мембраны обычно представляют собой стальные пластинки. *(Примеч. перев.).*

меньшем объеме, то, наоборот, разлетаются в разные стороны. Благодаря этому происходят последовательные сжатия и разрежения воздуха, которые расходятся во всех направлениях в виде звуковых волн, причем сжатие соответствует гребню волны, а разрежение — впадине.

Сразу после удара камертон звучит очень тихо. Если его стойку опереть на стол, звук сразу станет заметно громче. Но в этом случае звук этот быстро погаснет.

Происходит это потому, что колебания ножек камертона передаются крышке стола и воздушные волны образуются не только ножками камертона, но и крышкой стола. Особенно сильно звучит при этом тело, которое имеет такой же период колебаний, как и источник звука. Если громко крикнуть в открытый рояль какой-нибудь звук и при этом нажать на правую педаль, в ответ из рояля можно услышать такой же, но очень тихий звук. Это значит, что звучит только та часть клавиатуры, которая имеет такой же период колебаний, как и произнесенный звук.

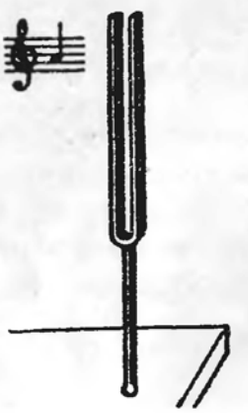
В технике совпадения периодов, а значит, и частот колебаний могут в некоторых случаях оказаться весьма опасными и привести к разрушениям даже весьма крупных сооружений. Потолки и стены здания совершают незаметные для нас колебания. Эти колебания будут усилены и здание может обрушиться, если, например, где-то невдалеке работает паровая машина, имеющая такой же период колебаний.

Усиление колебаний, возникающее в тех случаях, когда совпадает частота колебаний двух тел, называется резонансом. Такой нежелательный резонанс инженеры стараются всеми способами предупреждать.

В других случаях резонанс бывает полезен, что широко используется в технике.



Вторая справа струна скрипки делает 440 колебаний в секунду.

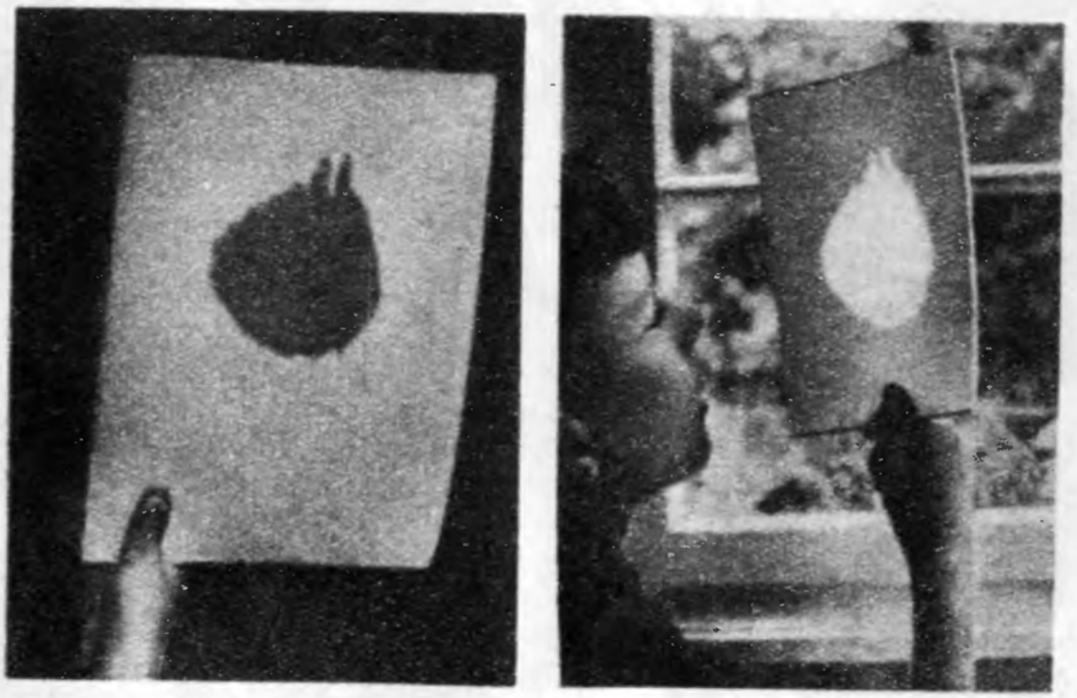


Звук камертона становится значительно сильнее, если его ножку приложить к поверхности стола.

ЖИРНОЕ ПЯТНО

Бумага кажется белой, так как большая часть падающих на нее световых лучей отражается и рассеивается во все стороны. В противоположность этому бархат кажется черным, когда он поглощает почти все падающие на него лучи и почти совершенно не отражает свет. Если мы смажем часть бумаги маслом, это место начнет пропускать свет.

Поверхность масляного пятна отражает только часть падающего на нее света, поэтому она должна выглядеть темнее, чем окру-



Масляное пятно на белой бумаге кажется темным. Если ту же бумагу посмотреть на просвет, пятно покажется светлым.

жающая ее сухая бумага. Но если мы будем рассматривать такую бумагу на просвет, масляное пятно будет казаться нам более светлым, чем окружающая пятно белая бумага.

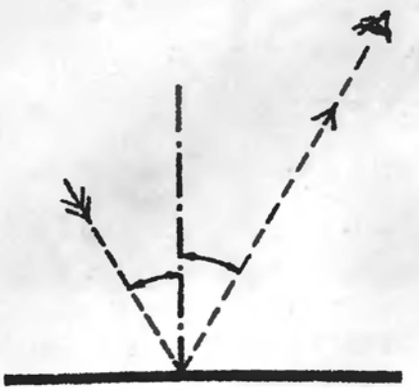
Если поставить на некотором расстоянии от масляного пятна по одной зажженной свече спереди и сзади и медленно двигать бумагу между обеими свечами, можно добиться того, что масляное пятно будет выглядеть попеременно то светлым, то темным. В одном вполне определенном промежуточном положении от темного к светлому пятно становится совершенно невидимым — как бы исчезает совершенно. Это означает, что с обеих сторон оно освещено совершенно одинаково, то есть имеет такую же освещенность, как окружающая бумага. Поэтому оно и становится невидимым.

Если у обеих свечей пламя одинаковое, масляное пятно станет невидимым, когда бумага будет находиться точно между ними. Если у свечей пламя имеет разную силу, масляное пятно будет исчезать, когда окажется ближе к более слабой свече.

ОПЫТ С СОЛНЕЧНЫМ ЛУЧОМ



Слева: с помощью маленького карманного зеркальца мы можем направлять солнечные лучи куда нам вздумается. Справа — закон отражения гласит: падающий луч, перпендикуляр к поверхности зеркала, восстановленный в точке падения луча, и отраженный луч всегда лежат в одной плоскости. Угол, образованный отраженным лучом и перпендикуляром, равен углу, образованному падающим лучом и тем же перпендикуляром.



То, что показано на рисунке, все вы, наверно, неоднократно делали сами. При этом нужно только иметь в виду, что солнечный зайчик никому не следует направлять в лицо, потому что прямой солнечный свет вреден для глаз.

Играя солнечным зайчиком, мы сталкиваемся с законом отражения света. Этот закон отражения можно наблюдать на любом луче света, падающем на зеркало. Солнечный луч, который мы ловим нашим зеркальцем, прежде чем он его достиг, проделал длинный путь. Он идет по прямой линии от Солнца, которое находится от нас на расстоянии приблизительно 150 миллионов километров.

Этот луч света, пришедший к нам с такого огромного расстояния, имеет и соответствующую огромную скорость. Ученые установили, что луч света проходит за секунду круглым числом 300 тысяч километров. Поэтому солнечный луч проходит весь путь от Солнца до Земли — это каждый легко может вычислить сам — приблизительно всего за 8,5 минуты.

Значит, луч, который мы только что поймали нашим зеркальцем, за 8,5 минуты до этого покинул поверхность Солнца. С такой же скоростью — 300 тысяч километров в секунду — этот луч оставляет поверхность нашего зеркальца и устремляется прямо к другой цели, на которую мы его направили.

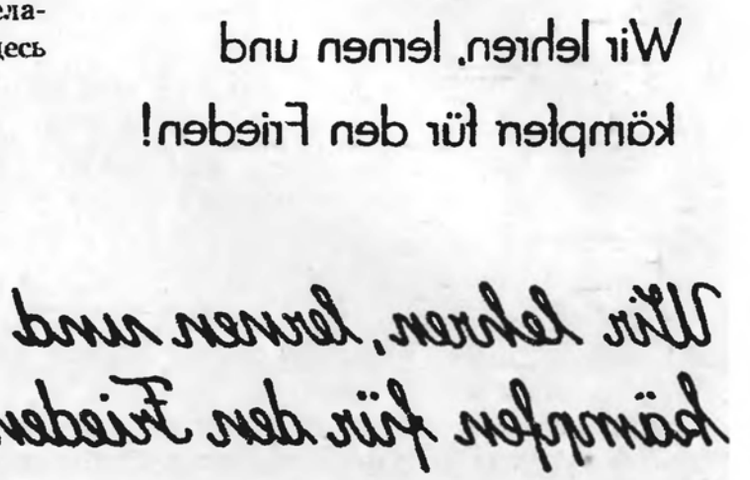
ЗЕРКАЛЬНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Можно очень быстро написать целое письмо в зеркальном изображении, если использовать для этого копировальную бумагу. Для этого нужно положить листок копировальной бумаги между двумя листами чистой бумаги, но не так, как он кладется обычно, а наоборот — угольным слоем вверх.

Теперь на верхнем листе бумаги нужно написать карандашом текст письма. При этом надо обращать внимание на то, чтобы оба листа писчей бумаги лежали точно один на другом. На оборотной стороне второго листа текст нашего письма будет написан в зеркальном изображении. Для того чтобы прочесть его, нужно воспользоваться зеркалом.

Нормально мы пишем слева направо, в зеркальном изображении все получается наоборот: справа налево. Так же как и письмо, все предметы представляются в зеркале не совсем так, как мы их видим. Каждое зеркальное изображение всегда обратно действительному виду предмета.

Верхние две строчки можно, хоть и с трудом, прочитать, если медленно переводить взгляд справа налево, по очереди называя каждую букву. Но почти невозможно прочитать подобную надпись, если она сделана рукописным шрифтом. Здесь обязательно нужно зеркало.



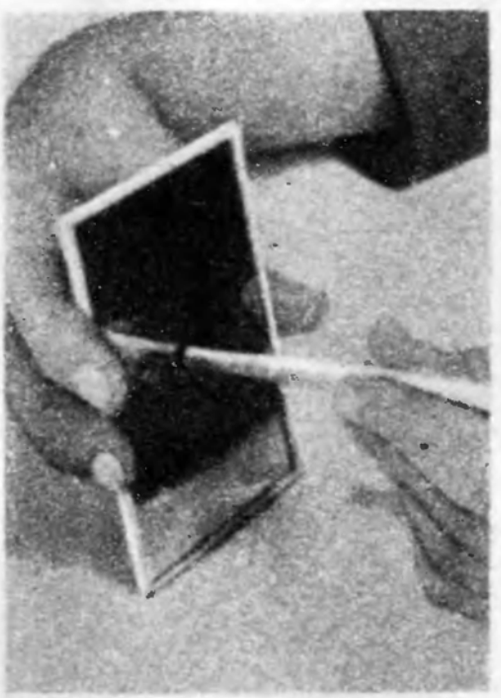
Сами себя мы тоже никогда не видим в зеркале такими, какими нас видят окружающие. Зеркальное изображение обратно действительному. Если мы поднимаем правую руку, изображенный в зеркале наш двойник поднимает левую. Если у человека пробор слева, у его зеркального изображения он будет справа.

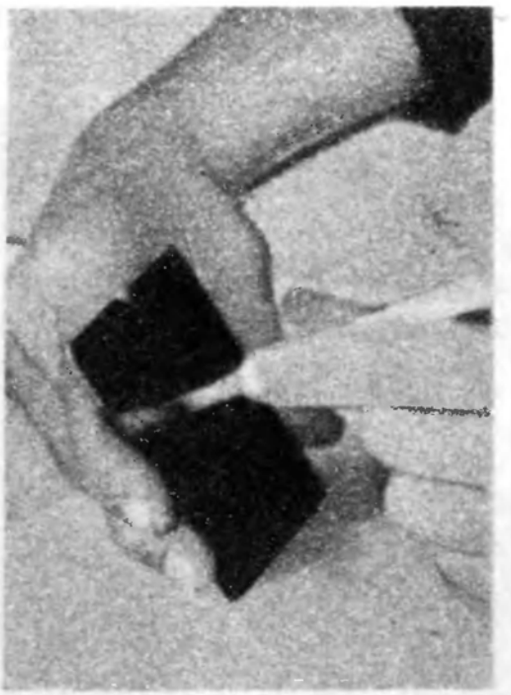
Такие явления начинают бросаться в глаза только тогда, когда кто-нибудь делает перед зеркалом пробор или бреется. Если он держит бритву в правой руке, то бреет левую щеку. При этом ему совершенно не мешает то, что он контролирует свои движения, глядя на сидящего в зеркале двойника, который одновременно с ним левой рукой бреет правую щеку. К этому явлению мы все уже давно привыкли и поэтому совершенно его не замечаем. Наоборот, мы были бы очень удивлены, если бы однажды увидели в зеркале все так, как это выглядит в действительности.

ТОЛЩИНА ЗЕРКАЛА

Толщину зеркала можно легко установить, не производя никаких измерений. Изображение в зеркале всегда кажется находящимся на таком же расстоянии позади зеркала, на каком сам предмет находится перед зеркалом.

Если приложить карандаш
к обыкновенному зеркалу,
можно заметить,
что между концом карандаша
и его отражением
есть некоторое расстояние.





На металлическом зеркальце
карандаш касается своего
изображения.

В стеклянном зеркале отражающий слой находится на обратной стороне стеклянной пластинки, поэтому толщина зеркала в точности равна половине расстояния между карандашом, прислоненным вплотную к зеркалу, и его изображением в зеркале.

Оценив это расстояние и поделив его на два, мы получим толщину зеркала.

Если же взять металлическое зеркало и приложить к нему карандаш, легко заметить, что карандаш и изображение фактически сливаются — они лежат в одной плоскости.

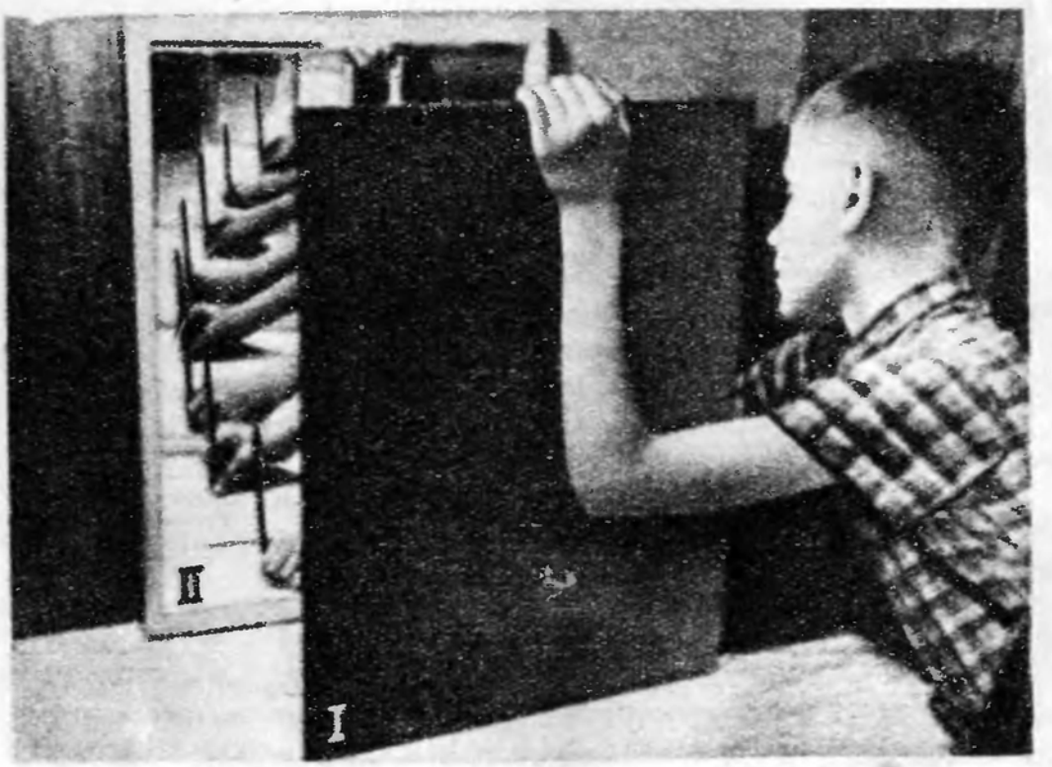
Происходит это потому, что у металлического зеркала отражающий слой — это его полированная поверхность.

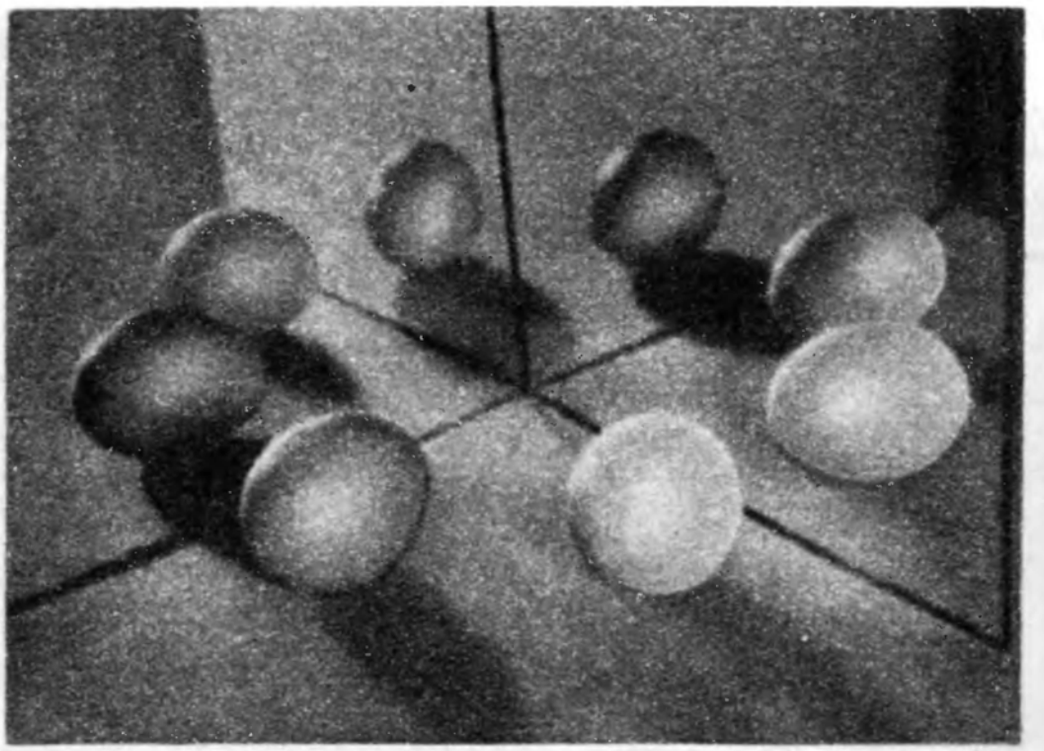
Поэтому приложенный к нему карандаш касается своего изображения, и, как бы мы ни старались, толщину такого зеркала мы этим способом узнать не сможем.

В зеркале *II* (см. фотографию), в которое мы смотрим, видно не только зеркальное отражение поставленного карандаша, но и зеркало *I* с отраженной в нем картиной. Так возникают попеременно всё новые и новые зеркальные отражения, которые, всё уменьшаясь в размерах, располагаются как бы по дуге окружности или же образуют прямолинейную цепь изображений, если оба зеркала поставлены параллельно друг другу. Чем меньше угол, под которым мы держим зеркало, тем большее число зеркальных изображений можем увидеть.

Всем известен калейдоскоп — занятная детская игрушка. Когда в него смотришь, перед глазами возникают великолепные цветные изображения, похожие на ковры, которые при каждом повороте калейдоскопа быстро меняют местами свои составные части и образуют новый узор. В трубке калейдоскопа находятся два или три кусоч-

Два зеркала (*I* и *II*) установлены под определенным углом друг к другу. Если между ними поместить карандаш, можно увидеть множество карандашей, как бы расположенных по дуге окружности.





Здесь два зеркала поставлены под прямым углом друг к другу. Мы видим восемь лежащих на столе яиц, из них съедобных, однако, только два, остальные — их зеркальные изображения.

ка зеркала, установленные под определенным углом друг к другу. Между зеркалами находится несколько кусочков цветного стекла, перемешивающихся при каждом повороте калейдоскопа. Это дает в зеркальном отражении непрерывно меняющийся красивый цветной узор.

Известен и такой веселый аттракцион, который часто устраивают на ярмарках и народных гуляньях. Называется он «сад ошибок». Посетитель входит в такой «сад» через узкую и мало заметную дверь и оказывается в пространстве, где со всех сторон его окружают поставленные под самыми различными углами большие зеркала.

Найти выход из такого «сада» очень трудно. Много раз человеку кажется, что он нашел правильный выход, — перед ним лежит прямая аллея, но каждый раз, пытаясь вступить на нее, он убеждается, что пытается войти в зеркало.

ЗЕРКАЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ, В КОТОРЫХ СТОРОНЫ НЕ ПЕРЕПУТАНЫ



С помощью двух зеркал можно увидеть свое изображение, в котором стороны строго соответствуют оригиналу.

Справа от стенного зеркала мы держим ручное зеркало, с помощью которого и рассматриваем наше отражение в настенном зеркале. Если теперь немного повернуть ручное зеркало в сторону висящего на стене, то можно увидеть новое изображение, в котором стороны уже не будут перепутаны. Если мы носим пробор слева, оба зеркальных отражения будут его носить также слева. Закроем мы правый глаз, и оба изображения тоже закроют правый глаз.

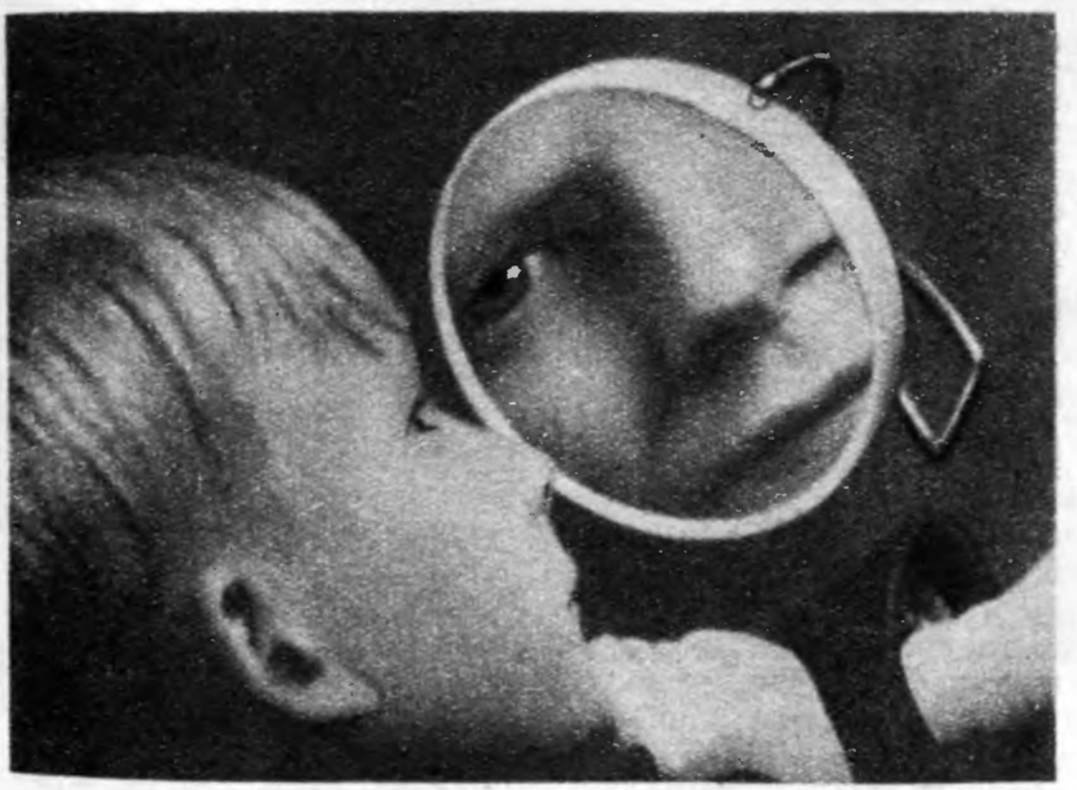
К таким зеркальным изображениям мы не привыкли. Если попробовать, глядя на подобное отражение в зеркале, скажем, сделать себе пробор, то мы попадем сразу в очень трудное положение. Вряд

ли кто-нибудь из нас сможет провести себе пробор в том месте, где его всегда носит, несмотря на то что он будет видеть свое лицо таким, какое оно есть в действительности.

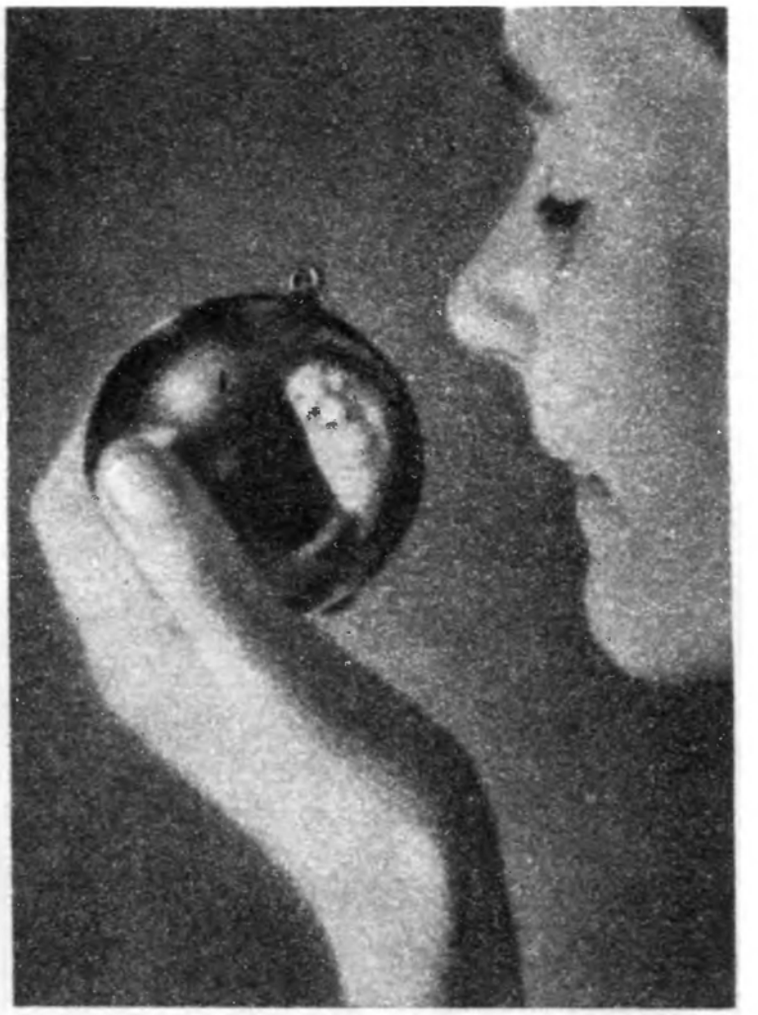
Происходит это потому, что мы с детства привыкли видеть изображения, где левая сторона становится правой и наоборот. Так мы убедились в том, насколько большую роль играют при пользовании зеркалом опыт и привычка.

СФЕРИЧЕСКИЕ ЗЕРКАЛА

Некоторые зеркала, служащие обыкновенно для бритья, не имеют плоской поверхности, а слегка вогнуты. Каждое вогнутое зеркало можно рассматривать как часть сферической поверхности, внутренняя сторона которой посеребрена. Если мы приблизим к себе зеркальце для бритья, то увидим правильное увеличенное изображение.



Зеркальце для бритья дает правильное увеличенное изображение.



Елочное украшение — блестящий шар — дает уменьшенное изображение, смешно искажающее черты лица смотрящего в него человека.

Но есть и такие зеркала, которые имеют выпуклую поверхность. Их также можно рассматривать как кусок сферы, но посеребренной снаружи. Эти зеркала дают также правильное изображение, но уменьшенное.

На ярмарках и различного рода народных гуляньях часто устраиваются так называемые «комнаты смеха». Это такие помещения, стены которых завешаны большим количеством зеркал, имеющих различную форму.

Поэтому отражение, получаемое в них, принимает тоже различную, обычно очень смешную, форму.

В зеркалах, поверхность которых имеет форму цилиндра, причем ось цилиндра вертикальна, мы видим себя вытянутыми и очень худыми.

Если же ось цилиндра горизонтальна, изображение кажется нам, наоборот, очень толстым, почти круглым.

На автомобилях и мотоциклах также применяются зеркала.



ПРЕЛОМЛЕННЫЙ СВЕТ

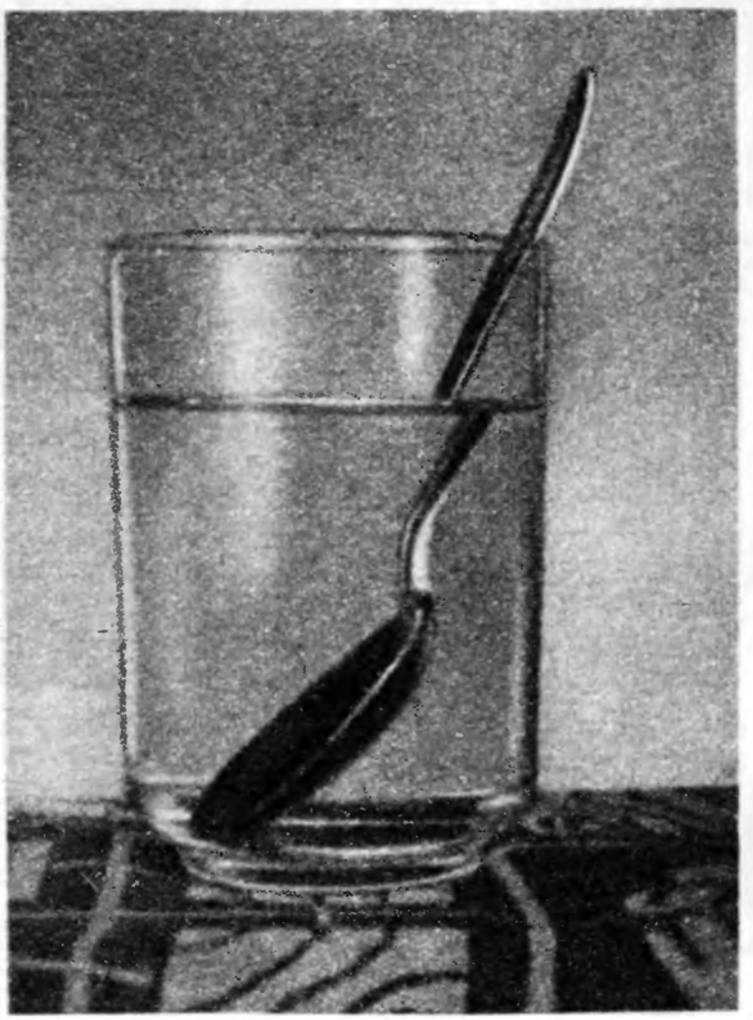
Если посмотреть на ложку, опущенную в стакан с водой, кажется, что она переломлена пополам. На самом деле ничего подобного, конечно, нет. Дело здесь вот в чем. Лучи света распространяются прямолинейно. Это знает каждый, кто видел луч света, пробивающийся через узкую щель в темную комнату. Пылинки, в большом количестве носящиеся в воздухе, становятся видимыми в этом луче, благодаря чему мы и можем заметить, что он абсолютно прямой. Когда луч света падает на поверхность воды, он преломляется, а уже очутившись в толще воды, снова продолжает свое движение

прямолинейно. При выходе из толщи воды луч света снова преломляется. Лучи света, отраженные от находящейся в воде ложки, при выходе из толщи воды также преломляются. Мы же видим предмет на продолжении пришедшего нам в глаз луча света. Отсюда и возникает зрительный обман.

Такое же явление возникает и в том случае, когда мы смотрим сбоку на палку, косо опущенную в воду. Кажется, что у поверхности воды палка переломлена и нижняя ее часть, то есть находящаяся в воде, как будто приподнята.

Наблюдая за плывущей в воде рыбой, мы подвергаемся тому же зрительному обману. Рыба кажется нам находящейся ближе к поверхности воды, чем это есть на самом деле. Фактически рыба всегда плывет глубже, чем это представляется наблюдателю.

Также кажутся ближе к поверхности воды и находящиеся на дне камешки.



При входе в жидкость и при выходе из нее луч света преломляется. Поэтому ложка, опущенная в стакан, кажется переломленной посередине.

Вообще, глубина водоема, определенная на глаз, всегда оказывается меньше, чем на самом деле. Происходит это потому, что расстояние до предмета мы привыкли оценивать по прямому лучу света, который попадает в наш глаз от этого предмета. Поэтому, если нам кажется, что глубина ручья не больше 1,5 метра, то мы не должны удивляться, когда, войдя в него, не достанем дна.

Попробуйте, купаясь в ванне, опустить руку в воду один раз строго вертикально, другой раз горизонтально и посмотрите, как изменится ее видимая форма.

Преломление света наблюдается всегда, когда луч света переходит из одной прозрачной среды в другую (например, из воздуха в воду или наоборот). Оно зависит от различных оптических свойств вещества.

Свет распространяется прямолинейно только в среде, состоящей из однородного вещества.

На явлении преломления света при входе в различные искусственно отполированные линзы и призмы и при выходе из них основаны такие оптические приборы, как бинокль и подзорная труба, лупа, очки, микроскоп, объективы фото- и киноаппаратов.

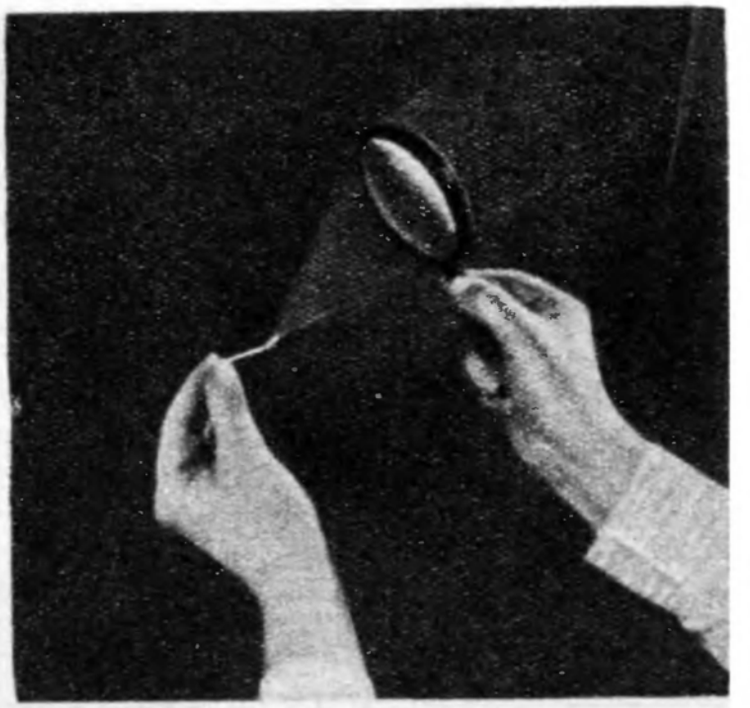
ОПТИЧЕСКИЙ ФОКУС У ЛИНЗ И СФЕРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ

Увеличительным стеклом называется линза, обе стороны которой выпуклые. Такие стекла называются двояковыпуклыми или собирательными линзами.

Когда на нее падает параллельный пучок света, двояковыпуклая линза преломляет его таким образом, что, выйдя из линзы, он собирается уже в конический пучок. Вершина этого конуса и называется оптическим фокусом линзы. В дальнейшем для краткости мы будем часто опускать слово «оптический» и говорить просто о фокусе линзы. Чем выпуклее поверхность линзы, тем ближе к ней находится ее фокус. Расстояние от фокуса до линзы называется фокусным расстоянием.

Солнечные лучи, которые собираются в фокусе линзы, развивают такую высокую температуру, что с ее помощью можно без труда зажечь спичку или прожечь отверстие в бумаге или картоне. Иногда бумага может даже вспыхнуть.

Если мы наведем собранные в фокусе лучи на лист белой бумаги, то получим маленький кружочек яркого, слепящего света. Этот кружок представляет собой не что иное, как сильно уменьшенное изображение солнца.



Световые лучи, собранные увеличительным стеклом в одну точку, могут зажечь спичку.

Если мы попробуем повторить подобный опыт сначала с красным светом, потом с синим, то убедимся, что фокусное расстояние для синего света меньше, чем для красного. Это значит, что синий свет преломляется линзой больше, чем красный.

Вогнутые зеркала, например такие, которые употребляются для бритья, также собирают параллельно падающий на них пучок света в одну точку. Это значит, что и они имеют свой фокус.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Опыт, о котором мы сейчас расскажем, нужно делать в темной комнате. Горящую свечу следует поставить на расстоянии метра от собирательной линзы. Изображение горящей свечи появится на белом экране (например, листе бумаги), который нужно держать в нескольких сантиметрах позади стекла. Слегка передвигая линзу взад и вперед, можно легко найти точку, в которой изображение будет наиболее четким.

Подобным же образом можно днем получить в комнате отражение окна и стоящего перед ним дома. При этом нужно только выбрать такое время, когда комната не будет слишком ярко освещена, потому что избыток света забьет и сделает неясным слабое

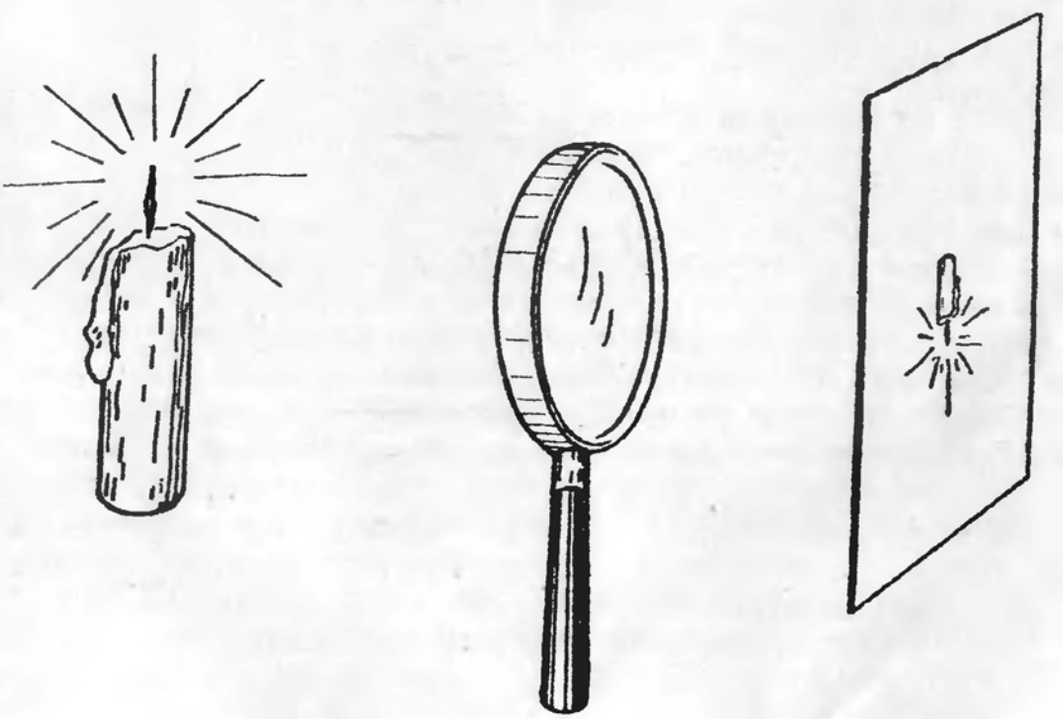
изображение на бумаге. Лучше всего этот опыт удается в сумерках.

Такие изображения физики называют действительными изображениями, в отличие от мнимых изображений, которые мы видим, например, в зеркале, но не можем получить на экране.

Глаз является оптической системой с одной выпуклой линзой. Она дает уменьшенные перевернутые изображения тех предметов, на которые мы смотрим. Эти изображения проектируются на сетчатую оболочку, покрывающую внутреннюю поверхность глазного яблока и лежащую против зрачка. Разветвления глазного нерва, которые в огромном количестве находятся в сетчатой оболочке, передают впечатление от изображения мозгу, и таким образом мы получаем возможность осмысленно воспринимать окружающие предметы.

Ученые подробно изучили этот процесс видения на животных. Например, когда у только что заколотого быка вынули глаз и поставили перед ним свечу, то, разрезав глаз вдоль, увидели на его задней стенке уменьшенное перевернутое изображение свечи.

Наше зрение имеет очень интересное свойство: нам кажется, будто мы видим все предметы прямо, так, как они и есть на самом деле, в то время как сетчатка нашего глаза воспринимает их перевернутые изображения.



Увеличительное стекло создает на экране перевернутое, уменьшенное изображение горящей свечи. Если придвинуть стекло ближе к свече, то на экране появится перевернутое, но на этот раз увеличенное ее изображение.

Один ученый с помощью очень интересного и наглядного опыта доказал, что способность видеть предметы в том виде, как они находятся вокруг нас на самом деле, основана только на опыте и привычке. Этот ученый сделал очки, которые в комбинации с глазным хрусталиком давали на сетчатой оболочке глаза прямое изображение предметов.

Ученый носил эти очки не снимая в течение восьми суток. Как только он их надел, ему показалось, что все предметы вокруг него внезапно стали «вверх ногами».

В первый день ученый испытывал из-за этого сильнейшие неудобства. Каждое движение, каждый шаг, движение рукой приводили к серии ошибок. Дело не ограничивалось тем, что все предметы он видел вверх ногами. Если он протягивал руку, чтобы взять какой-нибудь предмет, который, как ему казалось, находился справа от него, его попытка оказывалась безуспешной, потому что в действительности этот предмет был слева.

Зрение и осязание — старая привычка и вновь приобретаемый опыт—находились в разительном противоречии друг с другом. Ученому пришлось наново учиться правильно воспринимать окружающее. «Правильно» в данном случае означало так, чтобы видимые впечатления не расходились с теми, какие он получал с помощью осязания.

Так продолжалось несколько дней. Наконец он как бы «переучился» и восстановил способность правильно ориентироваться в окружающем.

Когда по истечении восьми суток ученый снял эти очки, с ним снова стали происходить такие же ошибки, как и в начале этого своеобразного опыта. Он опять не был способен распознать расположение предметов в пространстве вокруг себя, был так же неуверен и неточен в своих движениях, и только по прошествии некоторого времени сознание его сумело снова перестроиться и он приобрел способность правильно воспринимать окружающие предметы.

С помощью этого интересного, но мучительного опыта ученый доказал, что правильное восприятие человеком положения окружающих предметов основывается только на опыте и привычке.

ДИАФРАГМА В ОБЪЕКТИВЕ ФОТОАППАРАТА

На фотографии изображен высокий железный забор, причем только ближайшие к зрителю его колья вышли четкими. Фотография была сделана при полностью открытой диафрагме.

Этот снимок сделан с расстояния 4 м при диафрагме 2,8.





Эта фотография имеет глубину резкости, соответствующую диафрагме 22.

Обозначение «диафрагма 2,8» означает, что при такой установке диафрагмы ее диаметр составляет 1/2,8 часть фокусного расстояния объектива. Если, например, фокусное расстояние объектива 8 сантиметров, то диафрагма 2,8 имеет диаметр неполных 3 сантиметра. При диафрагме 4 ее диаметр составит 2 сантиметра. При диафрагме 8 диаметр отверстия равняется всего 1 сантиметру.

Почти все колья этого же самого забора выйдут на снимке очень четко, если мы будем фотографировать при диафрагме 22. Так как при такой установке диафрагмы ее отверстие будет значительно у́же, то, естественно, внутрь камеры будет проникать гораздо меньше света. Вследствие этого мы должны сделать значительно бо́льшую выдержку: второй снимок сделан с выдержкой 1/25 секунды.

Маленькая диафрагма дает, как говорят фотографы, большую глубину резкости. Это очень важное обстоятельство. Тут нужно



Подвижная диафрагма, вмонтированная в объектив фотоаппарата, оставляет открытым небольшое отверстие, величину которого можно изменять. Через это отверстие лучи света попадают в камеру.

иметь в виду, что самая маленькая диафрагма объектива обозначается числом 36, а самая большая (для наиболее употребительных аппаратов) — числом 2,8.

Как можно было бы объяснить увеличение глубины резкости при уменьшении отверстия диафрагмы? Придвинем книгу к глазу на расстояние меньше 8 сантиметров — буквы расплывутся, и текст станет неразборчивым.

А теперь поставим между книгой и глазом почтовую открытку с проколотой в ней булавкой дырочкой. Если мы станем рассматривать текст через это маленькое отверстие, буквы снова покажутся нам четкими и ясными, и мы легко его прочитаем.

Отчего это произошло? Дело в том, что в наши глаза одновременно попало слишком много лучей, отражаемых буквами в разные стороны, — поэтому изображения букв стали расплывчатыми.

В маленькое же отверстие, проделанное в открытке, проходят только те лучи, которые идут в глаз прямо от буквы, а все остальные отбрасываются поверхностью открытки и таким образом вообще не попадают в глаз. Поэтому текст кажется нам снова четким и ясным.

Аналогичным образом можно объяснить и то, что четкость предметов, изображение которых мы получаем на фотографии, увеличивается по мере того, как мы уменьшаем диафрагму.

РАЗЛОЖЕНИЕ ЛУЧА В ЦВЕТНОЙ СПЕКТР

Возьмем полоску белой бумаги шириной 1 сантиметр и длиной 10 сантиметров и наклеим ее на листок черной бумаги — такой, в какую заворачивают фотографические пластинки. Положим эту бума-

гу на стол и возьмем стеклянную призму так, чтобы ее длинная сторона была приблизительно параллельна белой полоске бумаги.

Если мы теперь посмотрим через призму на нашу бумажку, она будет казаться нам приподнятой. Кроме того, белая полоска бумаги превратится в красивую полосу, играющую всеми цветами радуги. Границы между одним цветом и другим нечетки, цвета незаметно переходят один в другой.

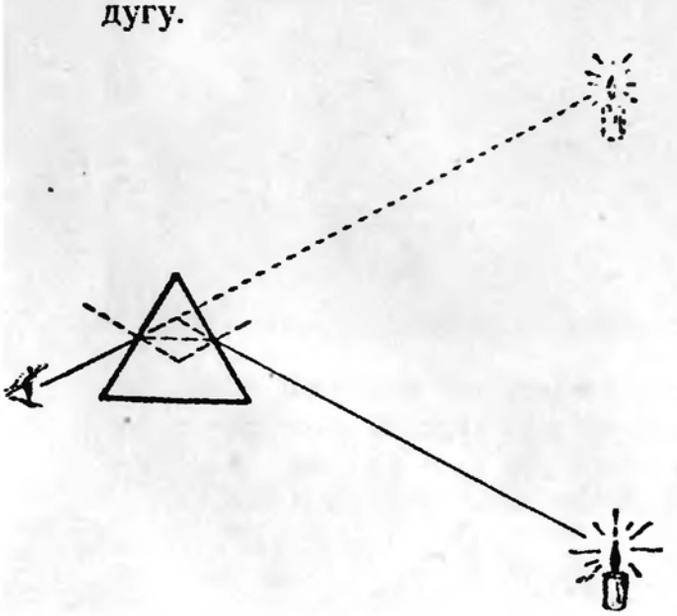
Мы можем различить семь основных цветовых групп: красную, оранжевую, желтую, зеленую, голубую, синюю и фиолетовую. Эта разноцветная полоса называется световым спектром или, точнее, спектром видимого света. Каким образом он возникает?

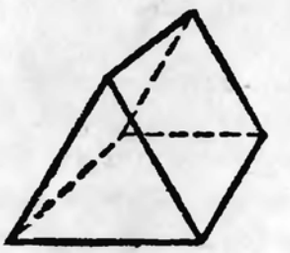
Призма разлагает белый свет на его составные части — лучи семи основных цветов. Эти цвета незаметны на темном фоне, но они хорошо видны на белой полоске бумаги; поэтому нам кажется, что белая полоска бумаги превратилась в цветовую гамму.

Призма обладает свойством разделять лучи разных цветов благодаря тому, что они по-разному преломляются: одни больше, другие меньше. Поэтому луч света, пропущенный через призму, разделяется на свои составные части, и мы видим каждую из них отдельно. На нашей бумажной полоске красный цвет находится внизу, а фиолетовый наверху. Поэтому полоска фиолетового цвета кажется приподнятой сильнее всего. Это значит, что фиолетовый цвет преломляется больше, чем красный.

Все мы хорошо знаем радугу, которую не раз наблюдали после дождя. Но немногим приходилось задумываться над тем, почему не каждый дождь вызывает на небе радугу.

Явление радуги возникает только тогда, когда солнце находится позади нас, а пелена дождя перед нами. Радуга представляет собой в общих чертах явление, аналогичное тому, которое мы наблюдали в призме. Только в этом случае луч света разлагается в бесчисленных капельках воды, отражается от них, и все это бесчисленное количество мельчайших спектров, накладываясь друг на друга, дает радугу.



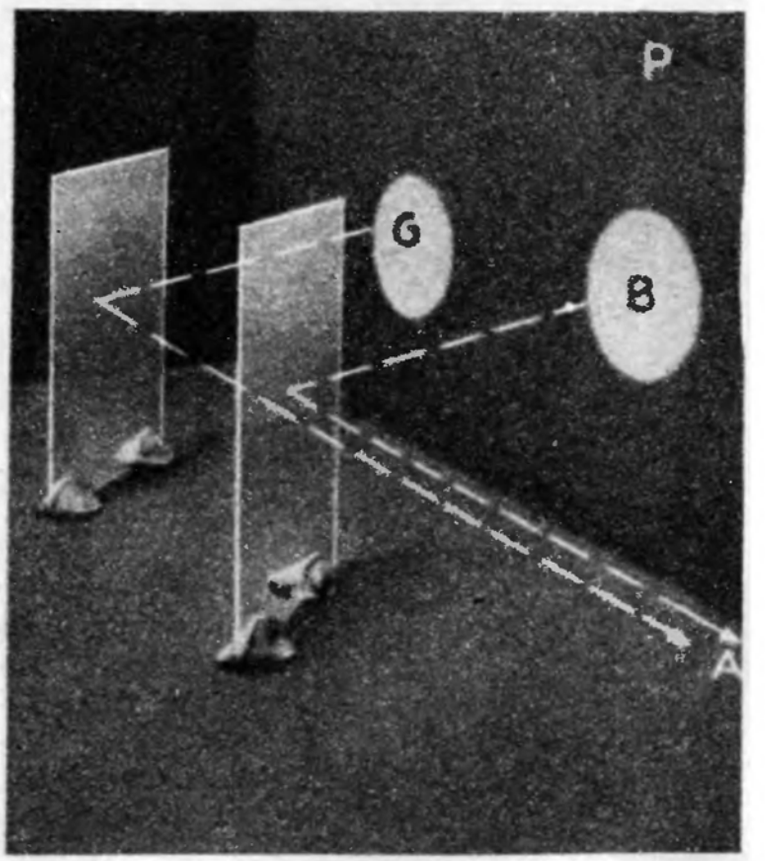


Если смотреть на какой-нибудь предмет через призму, будет казаться, что он находится выше, чем на самом деле. Кроме того, он кажется окруженным красивым, радужным ореолом.

СИНИЙ И ЖЕЛТЫЙ ДАЮТ БЕЛЫЙ

Два цвета, которые при смешении дают белый цвет, называются дополнительными. Это название возникло именно потому, что они, дополняя друг друга, дают белый цвет. Такими дополнительными цветами являются, например, синий и желтый, красный и зеленый, оранжевый и фиолетовый.

Как мы уже знаем, белый цвет представляет собой смесь различных цветов. Если мы из белого цвета заберем его синюю составляющую часть, оставшиеся цвета в сумме дадут нам желтый цвет. Этим объясняется, что чистый синий и чистый желтый цвета вместе также дают белый цвет. Соответственно красный и зеленый цвета в сумме дают белый. Прочтя название этой главы, некоторые читатели были, наверно, очень удивлены, потому что из своего опыта знают,



На поставленный вертикально кусок черного картона наносятся два кружка одинакового размера: один — желтый (G), другой — синий (B). Оба кружка должны быть хорошо освещены. Перед каждым кружком укрепляется с помощью пластилина кусочек стекла таким образом, чтобы с направления *A* виден был соответствующий кружок. Если правильно установить обе пластинки, можно достигнуть того, что оба кружка как бы перекроют друг друга. В этом случае сложение желтого и синего цветов даст нам белый цвет (в том случае, если были взяты чистые цвета). В противном случае кружок будет казаться сероватым.

что, смешивая синюю и желтую краску, мы получим зеленую, а никак не белую. Но в этом-то и состоит отличие красок от цветных лучей: при смешении синей и желтой краски получается зеленая, а при смешении синих и желтых лучей получается белый луч.

Секрет здесь в том, что мельчайшие частицы синего порошка, из которых состоит краска, поглощают из падающих на них лучей различных цветов все лучи, кроме синих и некоторого количества зеленых. Отбрасывают они только синие и немного зеленых лучей.

Частицы желтой краски поглощают все цвета, кроме желтого и некоторого количества зеленого. Когда синие и желтые частицы будут смешаны, смесь станет поглощать все цвета, кроме зеленого, поэтому она и будет казаться нам зеленого цвета.

ЦВЕТНОЙ КРУГ

Если на кружок, вырезанный из белого картона, нанести краску, как это показано на рисунке, а потом, продев через центр круга булавку, начать его быстро вращать, то отдельные цвета исчезнут, и мы увидим сплошной серый круг.

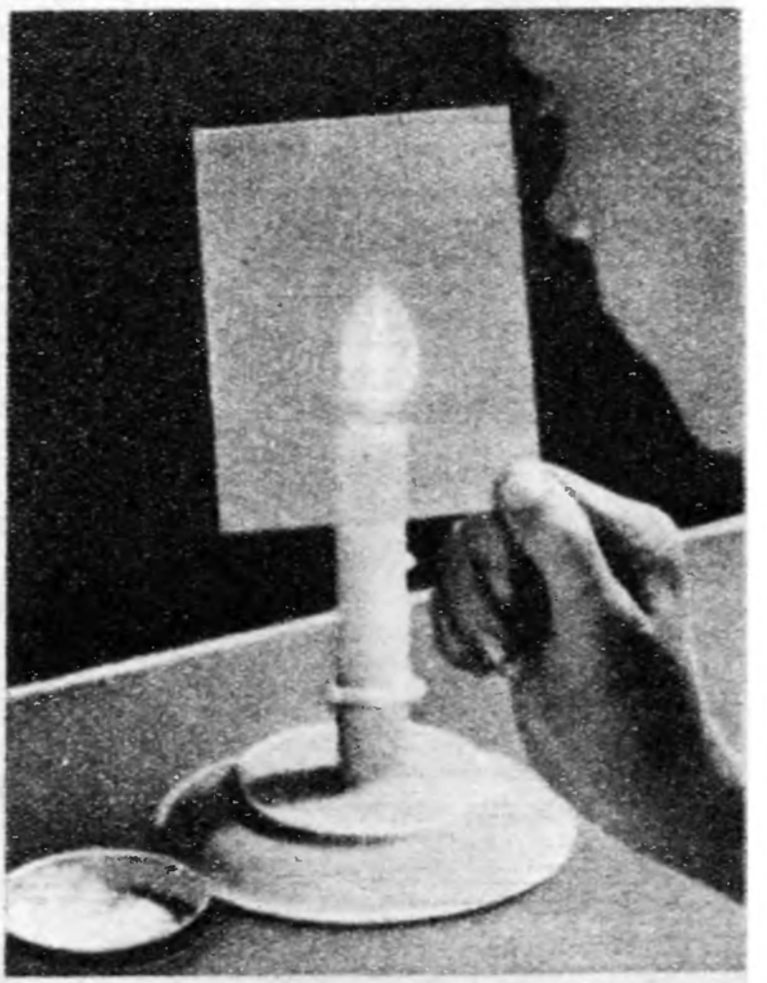


С помощью различных простых методов физик может смешать все цвета радуги, которые он получил с помощью призмы, и опять получить белый свет.

Проделаем простой опыт, который покажет, что сложение красок семи основных цветов радуги дает белый цвет. Нужно только иметь в виду, что поскольку применяемые нами краски не дают абсолютно точных тонов радуги, то и полученный нами цвет их смеси тоже будет не чисто белым, а скорее сероватым.

В данном случае цвета сольются один с другим благодаря некоторым особенностям нашего зрения. Особенность эта состоит в том, что глаз приблизительно $^1/_{10}$ долю секунды еще «видит» то, что уже исчезло, поэтому если мы вырежем из картона круг, разграфим и раскрасим его так, как это показано на рисунке, то, заставив его быстро вращаться, получим зрительное впечатление от быстро следующих друг за другом цветов, которые в нашем сознании сольются в один. Этот цвет будет белым.

ИСКУССТВЕННЫЕ ДИФФРАКЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ



Если смотреть на пламя свечи через тонкую стеклянную пластинку, на которую нанесен тонкий слой плауновых спор, нам будет казаться, что пламя окружено красивым радужным ореолом.

Возьмем кусочек стекла, лучше всего старую фотографическую пластинку, и смажем ее тонким слоем какого-нибудь крема. Теперь насыплем немного спор плауна на бумагу и положим на него сверху стекло таким образом, чтобы смазанная кремом сторона его была обращена к порошку. Подняв стекло и слегка встряхнув его, убедимся в том, что по всей его поверхности к нему прилип ровный и тонкий слой спор.

Приблизим стекло к глазам и взглянем сквозь него на горящую свечу. Мы увидим пламя свечи, окруженное тремя красивыми туманными кольцами, имеющими радужную кайму. Красный цвет будет находиться в каждом кольце снаружи, синий — внутри. Диаметр колец будет тем больше, чем дальше мы будем находиться от источника света.

Примерно таким же образом в туманную погоду возникают круги вокруг уличных фонарей и железнодорожных сигнальных ламп. При взгляде сквозь слегка замерзшее стекло витрины можно наблюдать подобное же явление.

В ясные вечера такие световые круги можно наблюдать вокруг Луны. Они возникают только тогда, когда находящийся в воздухе газообразный водяной пар сгущается в капельки примерно одинакового размера.

Основное в этом явлении то, что попадающий в наш глаз луч света проходит сквозь тончайшую решетку, состоящую из мельчайших отверстий. Такой решеткой служили нам в одном случае споры плауна, в другом — водяные капельки. В этой решетке лучи света отклоняются, то есть меняют свое прямолинейное направление. Это явление называется диффракцией, а решетка диффракционной. Благодаря этому явлению в наш глаз попадают не только лучи, идущие прямо от источника света, но и часть таких отклоненных лучей. Кроме того, эти отклоненные лучи разлагаются на составляющие их цветные лучи, которые мы мысленно продолжаем прямолинейно в обратном направлении, создавая таким образом эффект цветных кругов.

Цветной ореол является поэтому не чисто световым явлением, которое действительно окружает Луну, но такие круги возникают в наших глазах из-за того, что приходящие в них лучи света предварительно изгибаются между мельчайшими капельками воды.

ПЫЛИНКИ В СОЛНЕЧНОМ ЛУЧЕ

Взглянув на луч света, пронизывающий комнату в солнечный день, мы убедимся, что воздух, которым мы дышим, содержит огромное количество мельчайших пылинок. В ярком солнечном свете, проникающем в комнату, можно проследить за движением каждой отдельной пылинки. Эти пылинки настолько малы и легки, что они практически совсем не падают вниз, а тепловое движение воздуха и различные воздушные потоки поддерживают их, как говорят физики, во взвешенном состоянии.

Благодаря тому, что каждая пылинка в отдельности очень мала, мы их большей частью не замечаем. Они становятся видимы только в ярком солнечном свете и на более темном фоне.

Однако это совершенно не является следствием того, что каждая пылинка, будучи сильно освещена, делается видимой. Для этого пылинки слишком малы. Мы начинаем их видеть благодаря тому отклонению луча, которое возникает, когда свет проходит через тончайшую решетку. Эти мельчайшие твердые частицы-пылинки игра-

ют роль решетки для света так же, как и мельчайшие отверстия какой-нибудь тонкой ткани или частицы порошка.

Если мы посмотрим через птичье перо на какой-нибудь источник света, оно покажется нам раскрашенным во все цвета радуги и гораздо большим по размеру, чем есть в действительности.

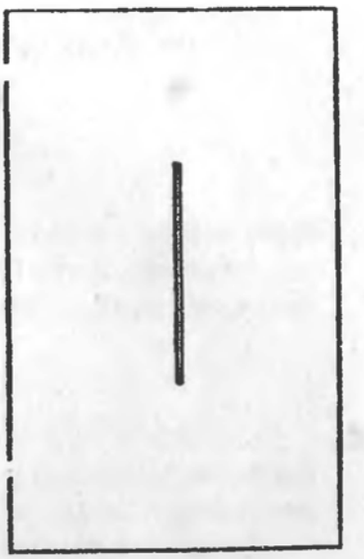
Примерно то же происходит и с пылинками. Вследствие того, что луч света, проходя между ними, отклоняется, мы видим их гораздо бóльшими, чем они есть на самом деле. Только благодаря увеличивающей способности света пылинки попадают в область видимого.

Это явление находит себе широкое применение в научных исследованиях, например в ультрамикроскопе. В этом приборе поверхность изучаемого предмета освещается сбоку сильным пучком света, и находящиеся на ней частицы, которые настолько малы, что никакой оптический микроскоп не мог бы сделать их видимыми, становятся различимы для нашего глаза. Это происходит вследствие того же отклонения луча света, которое дает боковое освещение. Конечно, при этом нельзя рассмотреть отдельные детали этих мельчайших частиц, но явление отклонения света показывает наблюдателю, что сами эти частицы находятся в поле его зрения.



Солнечный луч становится виден в помещении благодаря тому, что в воздухе находится бесчисленное количество мельчайших пылинок.

СВЕТ ПЛЮС СВЕТ ДАЕТ ТЕМНОТУ



Если смотреть через тонкую щель на какой-нибудь источник света, то в ярко освещенной щели станут заметны темные линии. Они возникают оттого, что в этом месте накладывающиеся световые волны взаимно гасят друг друга.

Возьмем лист писчей бумаги и сделаем в нем перочинным ножом разрез длиной 2—3 сантиметра. Поднимем листок бумаги так, чтобы разрез находился перед правым глазом на расстоянии 15 сантиметров от него. Левый глаз должен быть при этом закрыт.

Если мы теперь взглянем сквозь эту прорезь на яркое дневное небо или на горящую матовую электрическую лампочку, то увидим в ярко освещенной прорези целый ряд темных линий.

Отчего это происходит? При прохождении тонкого луча света через узкую щель часть его будет больше или меньше отклоняться в стороны от прямого пути.

Пройдя щель, световой луч разделяется и начинает волнообразно распространяться в разные стороны. Там, где световые волны накладываются друг на друга, и возникают темные полосы.

Это возможно только потому, что свет распространяется волнообразно.

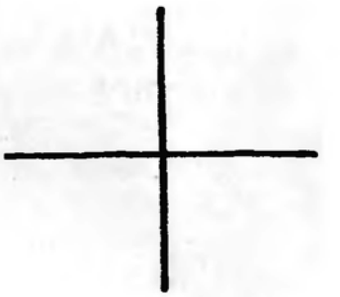
Это явление можно также хорошо наблюдать при взаимном наложении водяных волн. Если поверхность какого-нибудь пруда приводят в колебание одновременно две разные волны, волны эти начинают накладываться друг на друга.

Если в одном каком-то месте встречаются одновременно гребень одной и впадина другой волны, они взаимно гасят друг друга, и волна здесь исчезает вообще. Поверхность воды остается в покое, хотя в действительности она охвачена в этот момент двумя видами волнового движения.

Аналогичным образом можно объяснить возникновение темных полос на светлой прорези. В этих местах господствует темнота, потому что гребень одной световой волны гасится впадиной другой световой волны.

Физики называют такие полосы полосами интерференции.

ВОЛШЕБНАЯ ЩЕЛЬ



Если смотреть на этот крест через узкую вертикальную щель, будет казаться, что вертикальная полоска креста исчезла.

Возьмем тот же листок бумаги и, держа его так, чтобы прорезь была вертикальна, поднесем как можно ближе к правому глазу, а левый при этом закроем.

Если мы теперь сквозь эту прорезь будем рассматривать черный крест, изображенный на рисунке, держа его на расстоянии 30 сантиметров от глаза, то его вертикальная полоска неожиданно исчезнет и мы будем видеть одну только горизонтальную полосу. При этом нужно иметь в виду, что крест должен быть хорошо освещен солнечным или искусственным светом.

Этот опыт тоже основывается на явлении отклонения света в узкой щели. Лучи света, идущие в глаз от вертикальной линии креста, отклоняются и смешиваются с лучами, отраженными белой бумагой. Поэтому глаз не получает изображения черной линии — оно сливается с белым бумажным фоном.

РЕСНИЦЫ КАК РЕШЕТКА, ОТКЛОНЯЮЩАЯ СВЕТ

Целый ряд опытов убедил нас в том, что свет, проходящий через узкую щель, маленькое отверстие или вдоль края маленькой пылинки, отклоняется. Особенно отчетливо и красиво бывает явление отклонения света в тех случаях, когда на его пути одновременно находится значительное количество мельчайших отверстий или каких-нибудь мелких частиц.

Явление отклонения света можно наблюдать и тогда, когда решетка будет состоять из тонких волосков. В нашем распоряжении есть такой ряд тонких волосков, расположенных параллельно друг другу на приблизительно одинаковом расстоянии один от другого. Это ресницы. Так как они всегда находятся возле глаза, наблюдать с их помощью отклонение света особенно удобно.

Возьмем кусочек тонкого картона или почтовую открытку и вырежем в них острым ножом узкую щель шириной 2 миллиметра и



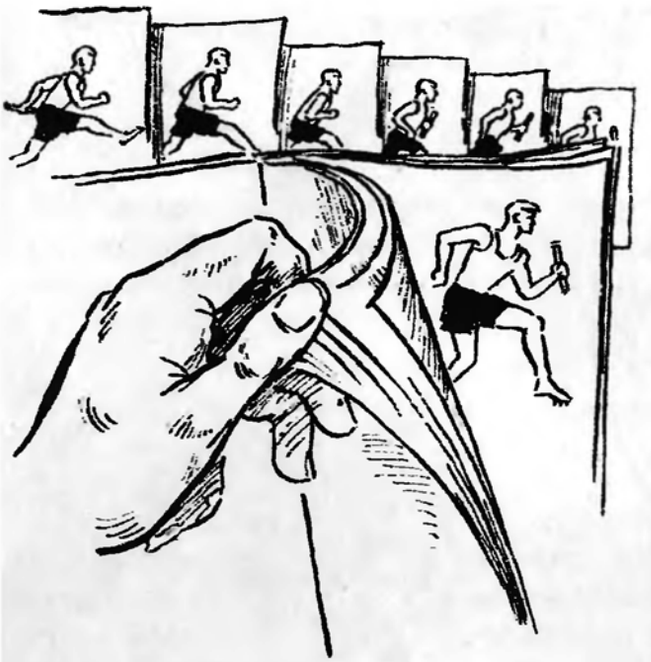
Если
полузакрытым глазом
смотреть
на ярко
освещенную щель,
можно увидеть
вокруг нее
радужный ореол.

длиной 2 сантиметра. Закрыв левый глаз, поднесем вытянутой правой рукой эту открытку непосредственно к горящей матовой лампе. Правым глазом взглянем на ярко освещенную прорезь. При этом нужно смотреть полузакрыв глаз так, чтобы ресницы прикрывали зрачок как бы тонким частоколом. Мы увидим справа и слева от освещенной прорези по три другие прорези, как бы обведенные радужной каймой. Каждая из этих полос будет снаружи красной, а внутри синей, потому что красные составляющие лучи белого света при диффракции больше отклоняются, чем синие лучи. Между красным и синим краями видны желтые и зеленые полоски.

Ресницы играют здесь роль отклоняющей диффракционной решетки. Эта решетка отклоняет лучи света и разлагает на составляющие их цветные лучи. Разложенный таким образом на свои составные части свет называется диффракционным спектром. В нашем опыте мы видели справа и слева от прорези по три диффракционных спектра.

„ЖИВЫЕ" КАРТИНКИ

Эта маленькая игра является одной из предшественниц кино. На листочках блокнота нарисуем последовательно ряд фигурок, например бегуна с эстафетной палочкой в руке. На первом рисунке нога



Так, с помощью блокнота, можно сделать собственное маленькое кино.

у него вытянута вперед, а на каждом последующем уже немного опущена, причем чем дальше, тем больше.

Таким образом одно движение будет разложено на ряд отдельных картинок. Если быстро перекидывать одну страницу за другой так, как это показано на рисунке, получится впечатление единого движения. Наша картинка как бы оживет.

Кино построено примерно на том же принципе. Когда ленту крутят с достаточной скоростью, наблюдатель совершенно не замечает, что он видит ряд последовательно сменяющих друг друга неподвижных картинок.

Здесь используется одна интересная особенность зрения, о которой мы уже вскользь упоминали: если два различных световых ощущения приходят в наш глаз достаточно быстро одно за другим, то мы воспринимаем их как одно общее впечатление. Это так называемый кинематографический эффект. Он-то и используется в кино.

Двадцать четыре раза в секунду сменяются воспроизводимые на экране картины, которые благодаря такой частоте перемены не воспринимаются нашим сознанием как ряд отдельных неподвижных картин, а кажутся одной картиной с движущимися элементами.

Простой опыт очень наглядно проиллюстрирует этот эффект. Если мы в темноте будем быстро крутить рукой, держа в ней какой-нибудь светящийся предмет, будет казаться, что вращается светящийся круг. Происходит это потому, что мы воспринимаем как единую картину целый ряд изображений светящейся точки в разных местах ее кругового пути.

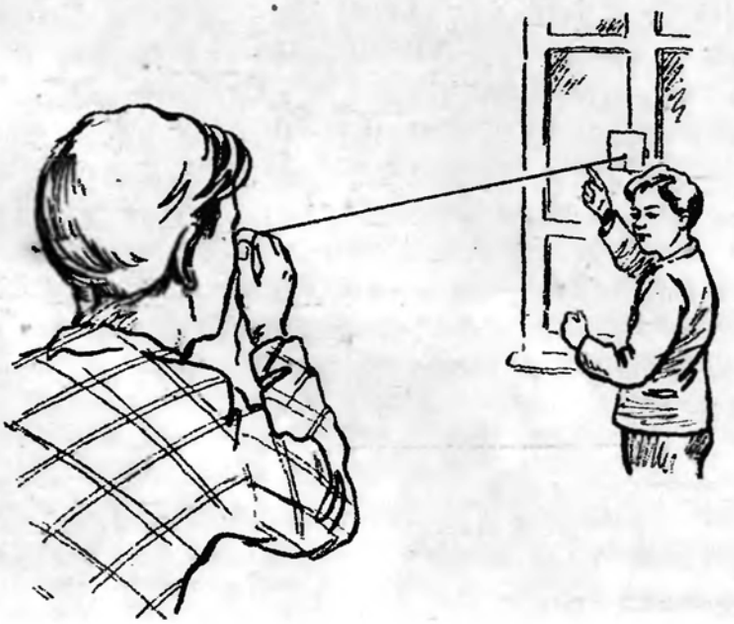
В кино иногда применяется прием, называемый замедленной съемкой. Мы видим, например, всадника, который неестественно медленно, как величавая птица, проплывает на своей лошади над препятствием.

Такая съемка применяется большей частью для изучения деталей какого-нибудь движения, происходящего в действительности очень быстро. Когда производится такая съемка, снимающий аппарат делает в секунду двести сорок кадров, которые затем демонстрируются в кино в течение 10 секунд.

Обратным порядком работает «ускоритель времени». Здесь аппарат делает каждый час один снимок, например того, как распускается цветок. Весь процесс, который в действительности занимает иногда много дней, показывается потом на экране в течение нескольких десятков секунд.

БЛИЖНЯЯ И ДАЛЬНЯЯ ТОЧКИ

Привяжем конец прочной нити длиной несколько метров к шпингалету на окне или к ручке двери. Другой конец нити, которую нужно при этом держать натянутой, приложим к правому глазу. Плотно закрыв левый глаз, внимательно посмотрим вдоль нити. Видна четкая, прямая линия. Если нить черная, к ее концу у окна или двери



Если смотреть вдоль натянутой нити, не вся она будет одинаково хорошо видна.

нужно прикрепить листок белой бумаги, для того чтобы нитка лучше выделялась на светлом фоне.

Легко заметить, что нить не на всей длине видна одинаково четко. Ближайший к глазу отрезок нити как бы расплывается. Глаз обладает способностью приспосабливаться к тому, чтобы видеть четко предметы, расположенные на различных расстояниях, но эта способность глаза ограничена.

Предметы, расположенные в 3—4 сантиметрах от глаза, мы видим расплывчато и нерезко. Лишь с расстояния приблизительно 10 сантиметров мы видим нить четко и хорошо. Пункт, начиная с которого мы ясно различаем какой-нибудь предмет, называется ближней точкой. Для людей с нормальным зрением эта точка находится в 8—10 сантиметрах от глаза. А у дальнозорких людей она удалена на 40 сантиметров, иногда даже еще дальше.

Итак, нить с какого-то расстояния видна ясно и четко. Близорукие люди, наоборот, не увидят противоположного конца нити — он начнет расплываться для них с расстояния, скажем, 3 метра. Точка, наиболее удаленная от нас, но на которой мы еще ясно видим нить, называется дальней точкой.

Расстояние от ближней до дальней точки лучше всего определять с помощью товарища, который, прикладывая палец к разным участкам нити, поможет нам найти обе точки.

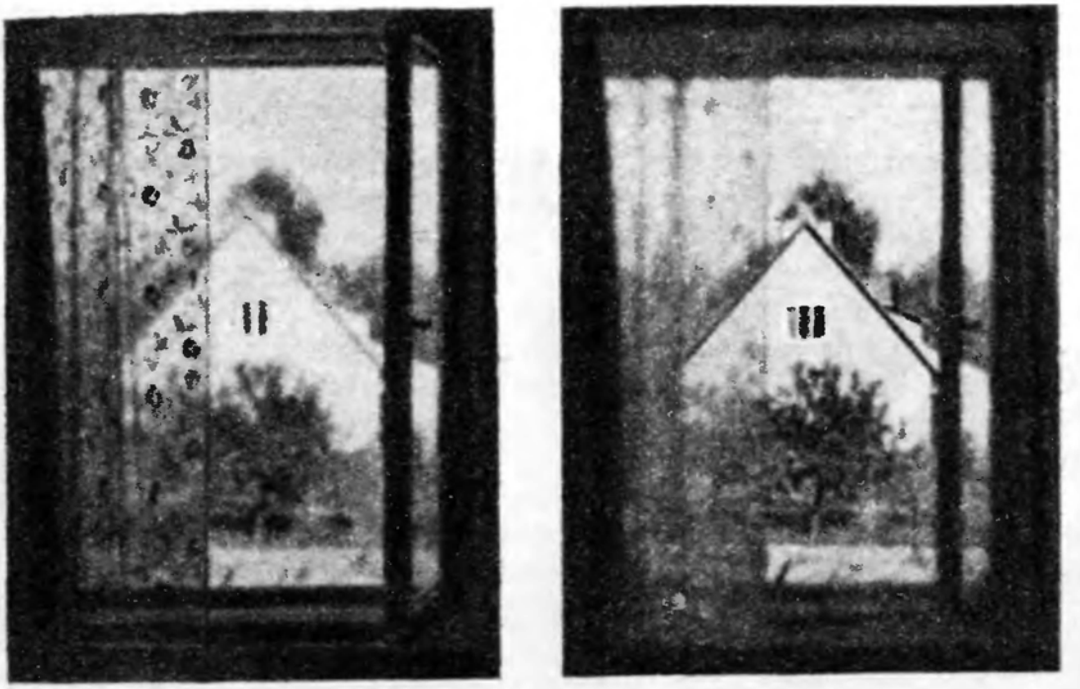
После этого можно измерить расстояние с помощью линейки. Это расстояние и покажет нам возможности приспособления, которым обладает наш глаз.

К старости почти все люди в той или иной степени становятся дальнозоркими. Это значит, что ближайший к глазу пункт постепенно от него отдаляется и очень близкие предметы мы начинаем видеть хуже.

Тот, кто в юности привыкнет держать книгу при чтении очень близко к глазам, может стать из-за этого близоруким. В этом случае дальняя точка, которая у человека с нормальным зрением лежит довольно далеко, у близорукого значительно приблизится к его глазам. В обоих случаях сокращаются возможности зрения и человек вынужден носить очки.

ГЛАЗНАЯ ЛИНЗА С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

Этот опыт покажет, что мы видим предметы четко не всегда на одном и том же расстоянии: глаз имеет способность самостоятельно настраиваться на различные расстояния.



Слева: если смотреть на висящий занавес, то находящийся по ту сторону улицы дом будет виден как бы в тумане. Справа: если же сконцентрировать внимание на доме, то узор занавеси будет казаться как бы размытым.

Как и в фотоаппарате, в глазу есть очень прозрачная двояковыпуклая линза. Она прикрыта снаружи радужной оболочкой.

Стеклянная линза фотоаппарата твердая и не может менять своей формы. Линза человеческого глаза имеет способность растягиваться и сжиматься, становясь при этом то более, то менее выпуклой. Когда мы смотрим вдаль, глазная линза делается более плоской; когда же мы читаем книгу, особые глазные мускулы как бы сжимают линзу, которая становится от этого более выпуклой.

Попробуем, подойдя к окну, посмотреть внимательно на оконную раму, затем на виднеющийся вдалеке дом, опять на оконную раму, потом снова на тот же дом, и так несколько раз. Легко заметить, что такая «перенастройка» глаза требует известных усилий и скоро становится неприятной. В жизни мы большей частью не замечаем такой перестройки глаза, потому что глазные мускулы сами, без участия сознания, настраивают глаз на нужное расстояние. Поэтому ученые называют такую механическую реакцию на воздействие внешней среды рефлексом.

Когда человек отдергивает руку от горячего чайника или зажмуривает глаза при неожиданном прикосновении к ресницам, все это тоже примеры рефлексов.

СТЕКЛА ДЛЯ ОЧКОВ

Человеческий глаз представляет собой оптическую систему, состоящую из слоя прозрачной роговицы, глазной жидкости и глазной линзы, или хрусталика. Глазная линза всегда двояковыпуклая, причем она становится тем более выпуклой, чем ближе находится предмет, который мы рассматриваем.

При рассматривании далеких предметов глазные мускулы, растягивая хрусталик, делают его почти совсем плоским, причем тем более плоским, чем дальше от нас находится рассматриваемый предмет.

Близорукость может объясняться двумя причинами: или у человека от рождения глазное яблоко слишком удлинено (это так называемая врожденная близорукость), или же хрусталик потерял способность делаться плоским. В обоих случаях изображение

Очки близоруких людей
дают уменьшенное изображение.





usw. wesentlich zur Steigerung der Industrieproduktion beigetragen.

schen Demokratischen Republik unser Dank.

Sowjetunion — Zentrum der kommunistischen Bewegung

Pekinger „Volkszeitung" zu Probl

Artikel

nationalen Arbeiterbewegung

men der

inte

Berlin (ND). Unter

schrift „Weitere Bemerkun

die historischen Erfahrun

Diktatur des Proletariats

offentlichte die Pekinger

zeitung" am Sonnabend

Artikel, der vom Redak

kollegium der Zeitung

der Grundlage der Diskussi

einer erweiterten Sitzung des

des Zentralkomitees der

stischen Partei Chin

wurde.

verfaßt

In seinem ersten

wird, ausgehend von den gewaltigen Erfolgen der Sowjetunion, betont, daß es eine Reihe grundlegender Erfahrungen des ersten Arbeiter-und-Bauern-Staates der Welt gibt, die für die Revolution und den sozialistischen Aufbau in allen Ländern von großem Wert sind.

Weiter wird erklärt, daß Stalins Fehler nicht ihren Ursprung im

und objektiv

Im dritten

des Artikels wird

daß der Kampf gegen

mus fortgesetzt wer-

Aber, so heißt es weiter,

den

der Kamp

gegen den Dogmatismus

dürfe nicht

zu einer Duldung des

Revisionis

führen.

Im letzten

Teil des Artikels wird

die große Be

tung der internatio-

nalen proletari

hen Solidarität her-

vorgehoben. In

sondere wird die

Notwendigkeit

brüderlichen

Verbundenheit mit

union als dem „Zentrum der internationalen kommunistischen Bewegung" unterstrichen.

(Ausführliche Auszüge aus dem Artikel veröffentlichen wir auf Seite 4.)

DDR-Delegation nach

schaftsplanes.

der Beschluss

Landwirtschaft

lung der Demok

nahme

der Volk

Grundlage

Einheitspart

manches lernen

sehen Entwick

nach dem XX.

Kommunistis

wjetunion



usw. wesentlich zur Steigerung der Industrieproduktion beigetragen.

schen Demokratischen Republik unser Dank.

Sowjetunion — Zentrum der kommunistischen Bewegung

...kinger „Volkszeitung" ...
...onalen Arbeiterbe...

...erlin (ND). Unter ... Über-
...rift „Weitere Bemerku... ...
...e historischen Erfahru...
Diktatur des Proletaria...
öffentlichte die Pekinger ...
...zeitung" am Sonnabe... ...
Artikel, der vom Re... ...
...ollegium der Zeitung ... der
...rundlage der Diskus... ...einer
...eiterten Sitzung de... ...kommu-
...Zentralkomitees ... verfaßt
...Partei ...

In ... Teil wird, ausgehend von den gewaltigen Erfolgen der Sowjetunion, betont, daß es eine Reihe grundlegender Erfahrungen des ersten Arbeiter-und-Bauern-Staates der Welt gibt, die für die Revolution und den sozialistischen Aufbau in allen Ländern von großem Wert sind.

Weiter wird erklärt, daß Stalins Fehler nicht ihren Ursprung im so-

und ab... eingeschätzt werden
...Teil des Artikels wird
...n, daß der Kampf gegen
...tismus fortgesetzt wer-
Aber, so heißt es weiter,
gegen den Dogmatismus
zu einer Duldung des
...us führen.

Im ... Teil des Artikels wird
die gro... ...tung der internati-
nalen pro... ...en Solidarität
vorgehoben...
Notwendigkeit ...
Verbundenheit mit ... Sowjet-
union als dem „Zentrum der internationalen kommunistischen Bewegung" unterstrichen.

(Ausführliche Auszüge aus dem Artikel veröffentlichen wir auf Seite 4.)

DDR-Delegation nach
Hanoi abgereist

Очки дальнозорких людей, наоборот, увеличивают изображение.



падает не на сетчатую оболочку глаза, а перед ней, сетчатая же оболочка остается за фокусом. Поэтому воспринимаемое ею изображение не является четким.

Этот недостаток исправляется с помощью двояковогнутых, или, как их еще называют, рассеивающих, линз, которые благодаря этому свойству возмещают недостаточную способность хрусталика делаться более плоским.

Дальнозоркость также может вызываться двумя причинами. Глазное яблоко может быть от рождения слишком коротким (это называется сверхвидимостью), или же глаз потерял способность, настраиваясь на рассматривание близких предметов, придавать хрусталику бóльшую выпуклость. Таким образом, фокус хрусталика оказывается за сетчаткой, а падающее на нее изображение становится поэтому нечетким. Этот недостаток хрусталика восполняется собирающей (двояковыпуклой) линзой, которая помогает недостаточно выпуклому хрусталику собирать лучи.

ЗРАЧОК

Зрачком называется отверстие в радужной оболочке, через которое свет попадает внутрь глаза. Непосредственно за зрачком находится глазная линза, или хрусталик. Зрачок окаймляет радужная оболочка. Это образование имеет радиальное строение и может быть различных цветов — голубого, коричневого, зеленого, серого и даже красного. Оно и определяет цвет глаз.

Радужная оболочка обладает одной особенностью, которую мы сами легко можем заметить. Если в полутемной комнате мы попытаемся, глядя в зеркало, примерно оценить ширину зрачка, то он покажется нам диаметром приблизительно 4 миллиметра.

Если мы теперь, продолжая смотреть в зеркало, повернем лицо к яркому свету, то легко заметим, как сожмется радужная оболочка и зрачок резко сузится. Радужная оболочка всегда автоматически настраивается на разную степень освещенности. Чем ярче свет, тем больше сжимается радужная оболочка и зрачок делается совсем маленьким. И наоборот, чем темнее вокруг, тем больше растягивается радужная оболочка и зрачок делается шире. Значит, радужная оболочка играет в глазу ту же роль, что и диафрагма в фотоаппарате. Она регулирует количество падающего в глаз света.

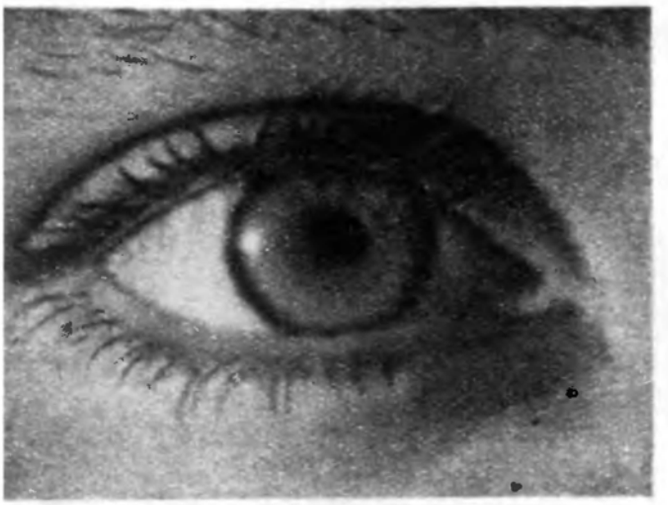
Если мы из темного помещения выйдем сразу на яркий свет, то на какой-то момент почти совершенно утрачиваем способность что-нибудь различать.

Происходит это оттого, что через широко открытую радужную оболочку в глаз неожиданно хлынет мощный световой поток. Очень чувствительные нервные окончания глазного нерва, расположенные в сетчатой оболочке, не могут воспринимать свет в таком количестве, поэтому зрительная способность почти совершенно утрачивается.

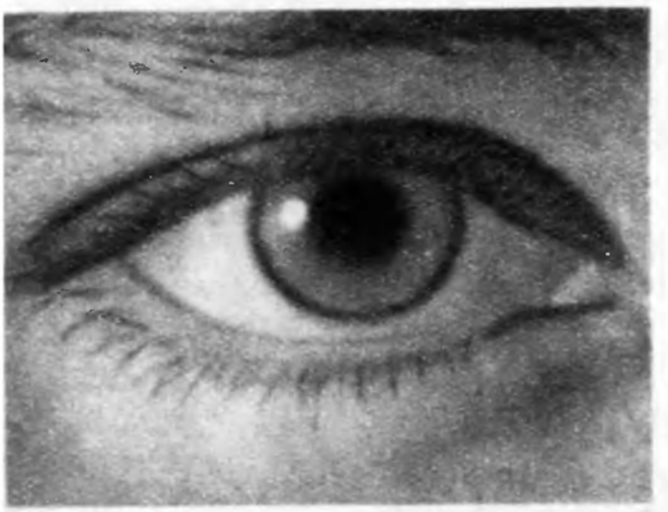
Лишь после того, как радужная оболочка, настроившись на новые условия, станет пропускать в глаз нужное количество света, мы начнем по-прежнему хорошо видеть.

Обратная картина бывает в том случае, когда мы из светлого помещения выйдем в темноту. Какое-то время мы совершенно не способны что-нибудь видеть. Для того чтобы начать что-либо различать, нужно привыкнуть к темноте. Это значит, что радужная оболочка, растянувшись до максимума, должна начать пропускать в глаз максимальное количество света.

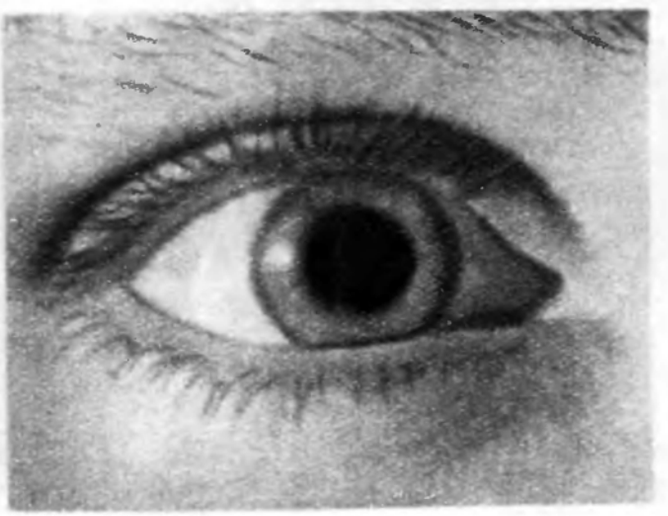
Есть люди, о которых говорят, что они страдают «куриной слепотой». Это значит, что их глаз утратил способность реагировать на слабый свет или же способен воспринимать слабый свет лишь после какой-то перестройки, которая продолжается иногда по многу минут.



На ярком свету
зрачок сужается.



При слабом освещении
он становится
больше.



В темноте
он растягивается
до максимума.

ПАЛЕЦ ПРЫГАЕТ



Смотрим сначала
правым глазом...



А теперь левым.

Закройте левый глаз и вытяните правую руку вперед. Отогните большой палец и, глядя на него, прицельтесь в дверную ручку. Теперь закройте правый глаз и откройте левый.

Палец будет казаться вам наведенным не на то место, на фоне которого он проектировался перед этим. Если попеременно быстро открывать и закрывать то один, то другой глаз, будет казаться, что палец прыгает.

Впечатление, что палец прыгает, возникает оттого, что правый глаз видит палец не на том месте, на каком его видит левый глаз. Это происходит потому, что глаза расположены на некотором расстоянии один от другого.

Расстояние между точками на двери, на фоне которых мы видим правым или левым глазом, будет тем больше, чем ближе к глазу наш палец.

Значит, любые картины, которые воспринимает правый глаз, не совпадают в точности с теми, которые воспринимает левый глаз. Когда мы смотрим обоими глазами, в нашем сознании обе картины как бы накладываются одна на другую, и это создает впечатление объемности изображения.

Мы получаем способность судить о том, на каком расстоянии находится от нас тот или иной предмет.

В том, что это действительно так, легко убедиться на простом опыте. Попробуйте, закрыв один глаз, вдеть нитку в иголку. Это почти невозможно. Наблюдающий за этой сценой человек будет весело смеяться, видя, как далеко от игольного ушка вы протягиваете нитку.

Если смотреть одним глазом на группу деревьев, то большей частью невозможно даже определить, какое дерево стоит ближе всего к нам и какое дальше всего, тогда как двумя глазами это выясняется без всякого труда.

ТЕАТРАЛЬНЫЙ БИНОКЛЬ В КАЧЕСТВЕ СТЕРЕОСКОПА

Опыт с прыгающим пальцем показал нам, что картины, воспринимаемые правым или левым глазом, отличаются друг от друга. Если мы, наоборот, будем рассматривать две отличные друг от дру-



Если рассматривать эту фотографию через театральный бинокль, из которого предварительно вывинчены окуляры, можно увидеть объемное изображение. При этом нужно попробовать смотреть как через отверстия, в которые ввинчиваются окуляры, так и с обратной стороны. В зависимости от системы бинокля объемное изображение будет получаться в том или в другом случае.

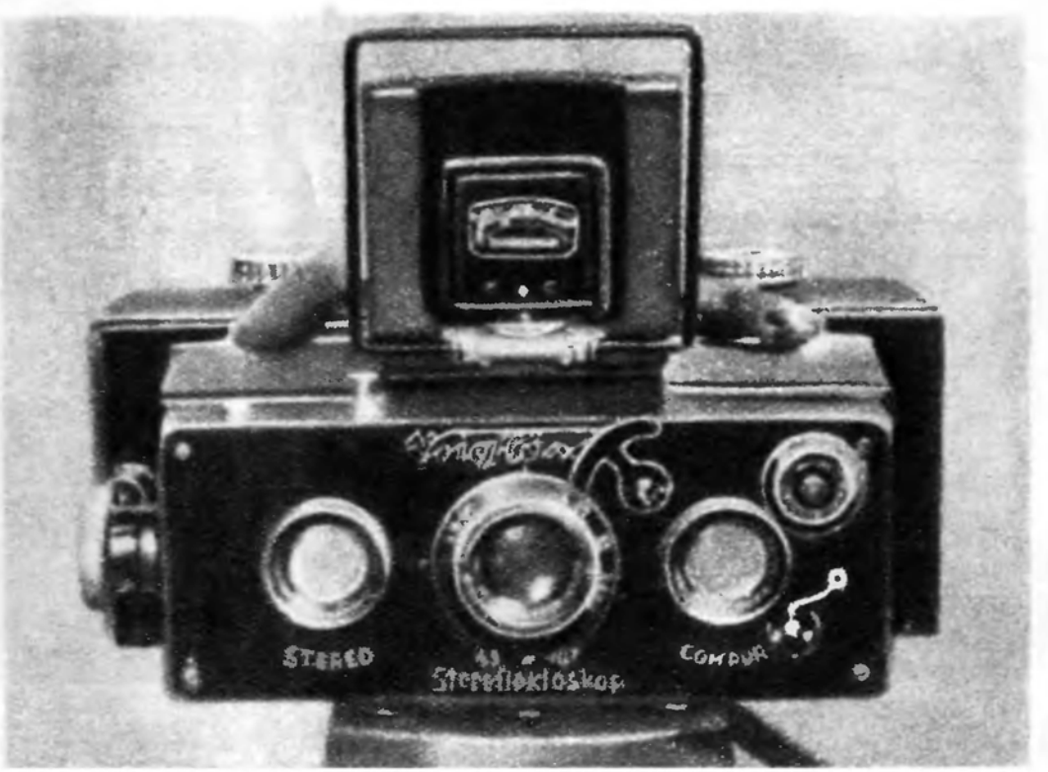
га фотографии (отличающиеся одним вполне определенным образом), причем сделаем так, что каждый глаз будет видеть только одну фотографию, то мы получим впечатление объемности изображения.

Если мы вывинтим из театрального бинокля окуляры и будем через него рассматривать помещенные здесь фотографии, они покажутся нам объемными. Такие фотографии называются стереофотографиями (от греческого слова «стереос», что значит «телесный», «объемный»).

Для того чтобы делать такие фотографии, существуют специальные фотоаппараты. Эти фотоаппараты имеют по два объектива, расположенных друг от друга на таком же расстоянии, как и человеческие глаза.

Можно делать стереофотографии и с помощью обычного фотоаппарата. Для этого нужно только, прежде чем сделать второй снимок, передвинуть фотоаппарат в сторону примерно на 10 сантиметров.

Стереокамера.





Стереоскоп для рассматривания стереофотографий.

СЛЕПОЕ ПЯТНО

Если мы будем одним глазом смотреть в середину черного креста, изображенного на рисунке, то в поле нашего зрения будем видеть также и нарисованный рядом черный круг. Мы видим его не очень четким, потому что в продолжение всего опыта держим свой взгляд на середине черного креста, но, во всяком случае, черный круг нам тоже виден.

Если мы теперь будем медленно приближать к себе книгу или, наоборот, удалять ее от себя, то в каком-то месте черный круг неожиданно исчезнет. Это произойдет, когда книга будет примерно в 25 сантиметрах от глаза.

Однако следует иметь в виду: для того чтобы опыт удался, взгляд нужно совершенно неподвижно устремить на центр креста. В данном случае это сделать довольно трудно, потому что каждый человек невольно склонен немножко сдвигать глаз в сторону круга, чтобы убедиться, там ли он или уже исчез. Из-за этого, если внимательно за собой не следить, опыт не удастся и черный круг будет виден все время.





Поставив книгу вертикально по отношению к нашему лучу зрения, закроем левый глаз, а правым будем внимательно смотреть на черный крест. Медленно передвигая книгу к себе и от себя, мы заметим, что в какой-то момент черный кружок станет невидимым. Это произойдет тогда, когда изображение его будет на расстоянии приблизительно 25 сантиметров от нашего глаза.

Итак, получится опыт только в том случае, если мы будем держать черный круг в поле нашего зрения, но не в направлении луча зрения, а это может быть только тогда, когда наш взгляд будет неподвижно прикован к середине креста.

Куда же девается черный круг? Дело здесь состоит в том, что внутреннюю сторону глаза, противоположную зрачку, покрывает тонкая, так называемая сетчатая, оболочка. Она представляет собой сеткообразное разветвление зрительного нерва (отсюда ее название), который идет от мозга к глазу.

Сетчатая оболочка играет роль экрана, на который проектируется преобразованное хрусталиком изображение окружающих предметов. В ней лежат светочувствительные окончания нервных волокон, которые преобразуют падающий на них свет и передают это ощущение мозгу.

То место, где зрительный нерв входит в глаз, не имеет таких светочувствительных окончаний, поэтому изображение, падающее на него, не воспринимается глазом и не передается мозгу, то есть, попросту говоря, мы его не видим. В этой точке мы слепы, поэтому и место это называется слепым пятном. В тот момент, когда черный круг исчезает из видимости, его изображение и падает на слепое пятно.

В ПОЛЕ ЗРЕНИЯ — ПЛАВАЮЩИЕ ЧАСТИЦЫ

Возьмем почтовую открытку и проткнем в ней булавкой маленькое отверстие. Теперь, приложив открытку к глазу, взглянем на лампу или на яркое дневное небо. Другой глаз при этом нужно держать закрытым.

Мы увидим в светлом пространстве несколько забавных маленьких кружочков, которые медленно опускаются вниз. Можно различить отдельные кружочки и даже целые группы таких кружочков. В какой-то момент мы можем увидеть похожую на ожерелье цепочку, состоящую из таких кружков. Один французский исследователь назвал эти подвижные кружочки «летающими мухами». В Германии их называют обычно «летающими комарами». Этих «комаров», наверно, многие видели, когда, лежа на пляже лицом вверх, смотрели на ярко-синее небо.

Однако рассмотреть как следует эти кружки (иногда они имеют и другую форму) не удается, потому что они все время медленно опускаются вниз, и чем больше мы сами опускаем взгляд, чтобы «догнать» их, тем быстрее исчезают эти кружки из поля зрения.

Стоит, однако, нам поднять глаза, как и «комары» снова оказываются вверху и начинают опять свое медленное движение вниз. Эта игра с «комарами» может продолжаться сколько угодно, и все-таки никогда их рассмотреть как следует не удастся.

Что же представляют собой эти странные образования? Многие считают их просто обманом зрения, однако в действительности это не так. В данном случае мы видим то, что существует на самом деле.

Глаз человека наполнен студенистой прозрачной массой, которая называется «стекловидное тело». У любого человека в этом студенистом теле всегда есть небольшие включения. Они могут возникнуть по различным причинам — например, это могут быть крошечные сгустки крови, попавшие туда из кровеносных сосудов сетчатой оболочки. Каждое движение глаза как бы подбрасывает эти ничтожно малые частицы, которые затем под действием силы тяжести начинают медленно опускаться.

Их присутствие не является болезнью и вообще каким бы то ни было недостатком глаз. Эти частицы удалось даже измерить: оказывается, они имеют размеры, не превышающие одной сотой миллиметра. Но увидеть их можно далеко не всегда. Только на очень светлом фоне они отбрасывают тени на сетчатую оболочку и поэтому становятся видимыми.



Мы видим своеобразные образования, плавающие в поле зрения нашего глаза.

ЦВЕТНЫЕ ВТОРИЧНЫЕ КАРТИНКИ



С помощью этого рисунка можно увидеть вторичное изображение.

Попробуем 10 секунд подряд внимательно и неподвижно смотреть на глаз нарисованной здесь лошади. Затем быстро переведем взгляд на лист чистой бумаги и так же неподвижно будем на него смотреть, как смотрели на изображение лошадиной головы.

Примерно через 2—3 секунды появится лошадиная голова, такая же, как и изображенная на картинке, но только черного цвета. Это вторичное изображение будет видно тоже примерно 10 секунд, после чего оно расплывется и исчезнет.

Отчего это происходит?

При рассматривании белой лошадиной головы свет от нее падал на определенное место сетчатки. Нервные окончания, находящиеся здесь, быстро устают. Вместе с тем нервные окончания, на которые падал свет от черного фона картинки, почти совсем не устали, потому что света на них падало очень мало.

Когда мы смотрим на чистый лист белой бумаги, на всю поверхность сетчатой оболочки падает много света. Неуставшие нервные окончания легко реагируют на этот свет, создавая в мозгу впечатление белого. Те же нервные окончания, которые были утомлены рассматриванием белой лошадиной головы, еще не могут работать в полную силу и слабо реагируют на падающий на них свет, поэтому в нашем мозгу и получается впечатление, что мы видим черное пятно в форме лошадиной головы.

Если мы в течение 10 секунд так же неподвижно будем смотреть на красное пятно, а потом переведем взгляд на белую бумагу, увидим зеленое пятно. Если мы будем рассматривать желтый кружок, увидим потом синий круг, и наоборот.

Такая замена цветов происходит потому, что, когда мы долго

смотрели на красное, зрительный нерв, устав, стал невосприимчив к красным лучам. Поэтому, когда мы перевели взгляд на белую бумагу, в первую очередь воспринимались другие лучи спектра. Но эти другие лучи, сложившись, дают зеленый цвет.

Явление уставания зрительного нерва вызывается тем, что при облучении в его клетках происходят химические изменения. Ток крови восстанавливает первоначальный химический состав реагировавших веществ, но для этого ему нужно некоторое время.

СИНИЕ ТЕНИ

Тень, которую свеча бросает на бумагу, перекрывается только дневным светом. Вся остальная поверхность бумаги освещается как свечой, так и дневным светом. Свеча излучает больше всего желтого света, который отражается бумагой и частично попадает в наш глаз. Поэтому устают больше всего те нервные волокна, которые восприимчивы к желтому цвету.

Если мы теперь начнем рассматривать тень от свечи, образованную дневным светом, то глаз, уже почти не чувствительный к желтым лучам, увидит здесь дополнительный для желтого цвет, то есть синий, — поэтому тень от свечи и кажется нам синей.

Кто хорошо помнит зимние ландшафты, знает, что тени на снегу очень часто кажутся синими. Это явление бывает особенно заметно по утрам и вечерам, когда солнечный свет особенно богат желтыми и красными лучами. Существо дела и здесь совершенно то же, что и в проделанном нами опыте.



Если в сумерки поставить на окно зажженную свечу, а затем поставить недалеко от нее карандаш на лист белой бумаги, то можно заметить, что тень будет не черной, а синей.

ЦВЕТНАЯ ПЛАСТИКА

Когда мы смотрим в темноте на световые рекламы или какие-нибудь другие светящиеся предметы, то те из них, которые испускают красный свет, кажутся нам значительно ближе, чем предметы, светящиеся зеленым и синим светом.

Если мы наклеим на кусок черного картона вперемешку значительное количество зеленых и красных кружочков и станем рассматривать их через увеличительное стекло, нам будет казаться, что красные кружки находятся над картоном, тогда как зеленые лежат ниже его поверхности.

Возникновение пространственного представления при рассматривании цветного изображения называется цветной пластикой. Эту цветную пластику можно часто наблюдать при рассматривании ярких картин и даже обоев.

Лучи различных цветов, например красного и синего, по-разному преломляются глазным хрусталиком. Синие лучи преломляются сильнее, чем красные.

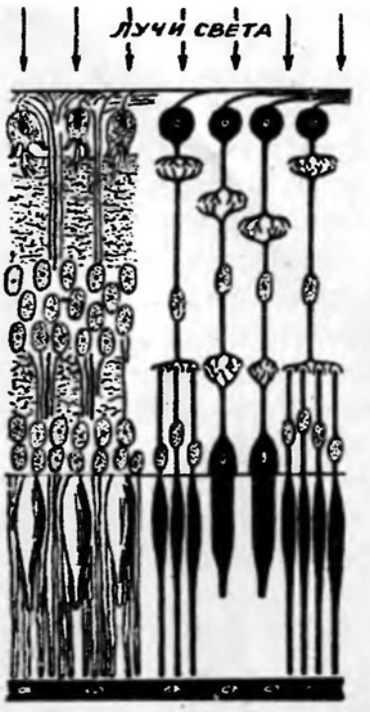
Если на одинаковом расстоянии от нас находятся два фонаря — красный и синий, — то при рассматривании красного фонаря хрусталик должен быть более выпуклым, чем при рассматривании синего.

Отсюда у нас и возникает впечатление, что красный фонарь ближе к нам, чем синий.

Неожиданно сильная цветная пластика обнаруживается при рассматривании проштемпелеванной почтовой марки красного цвета. Если рассматривать ее обоими глазами через сильное увеличительное стекло, будет казаться, что штемпель свободно висит над маркой, по крайней мере миллиметра на три выше ее. Яркие коробки от папирос, различного рода цветные рекламы при рассматривании через увеличительное стекло дают и другие примеры цветной пластики.

„НОЧЬЮ ВСЕ КОШКИ СЕРЫ"

Очутившись ночью в лесу, мы большей частью можем рассмотреть стволы деревьев. Обычно можно даже различить ветви и отдельные листья, колышущиеся от ветра. Но мы не замечаем зеленого цвета листвы, коричневого цвета древесных стволов и красного — цветов, растущих по обочине дороги. Мы хорошо различаем цвета при дневном свете, но, по мере того как становится темнее, они по-



Разрез сетчатой оболочки глаза. Видны составляющие ее светочувствительные элементы — палочки и колбочки.

степенно теряются, в конце концов сливаясь в однотонный серый цвет.

Отчего это происходит?

Светочувствительный слой глаза — сетчатка — состоит из большого количества нервных окончаний, носящих название палочек и колбочек. Те и другие работают по-разному. Колбочки создают у нас в мозгу впечатление цвета, палочки говорят только — светлое или темное. Палочки значительно чувствительнее колбочек, поэтому, по мере того как становится темнее, первым выключается аппарат, воспринимающий цвета.

Конечно, каждый уже из собственного опыта знает, что ночное видение при слабой освещенности является неуверенным, неясным.

Бывает так, что человек неожиданно увидит рядом с собой какую-то тень. Испуганно обернувшись, чтобы рассмотреть как следует, что же это такое, человек не видит ничего. Странная тень исчезла так же бесшумно, как и появилась. Боязливые люди таких вещей очень пугаются.

В действительности ничего таинственного тут не происходит. Все имеет свое естественное объяснение.

Когда мы смотрим на какой-нибудь предмет, его изображение падает на ту часть сетчатой оболочки глаза, которая лежит непосредственно позади зрачка. Это место, называемое желтым пятном, является самым светочувствительным. Но оно покрыто только колбочками.

Значит, прямо рассматривая какой-нибудь предмет, мы видим его только теми элементами глаза, которые чувствительны к цветам. Ночью же колбочки вследствие их недостаточной светочувствительности как раз и не работают.

Палочки же, расположенные вокруг желтого пятна, продолжают действовать даже и при самом незначительном освещении. Но на них падают только те лучи, которые косо входят в глаз. Следовательно, ночью глаз лучше различает предметы, расположенные по краям нашего поля зрения и днем обычно плохо видимые.

Однако ночью, пытаясь как следует рассмотреть эти предметы, мы поворачиваем к ним глаза и начинаем по привычке смотреть на них желтым пятном, которое как раз ночью ничего и не видит. Поэтому, повернувшись на испугавшую нас тень, мы ничего не можем рассмотреть, хотя в действительности какой-нибудь пень или куст по-прежнему стоит на своем месте.

ОПЫТЫ ИЗ РАЗНЫХ РАЗДЕЛОВ ФИЗИКИ

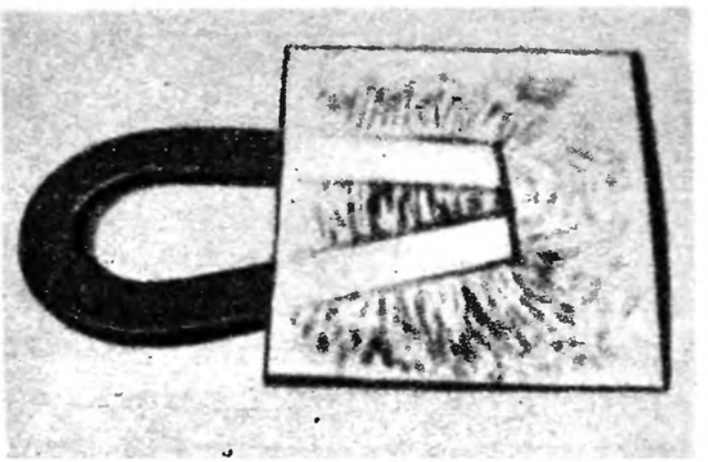
МАГНИТНЫЕ СИЛОВЫЕ ЛИНИИ СТАНОВЯТСЯ ВИДИМЫМИ

Когда магнит притягивает кусок железа, сила, с которой действуют его полюсы, становится заметной.

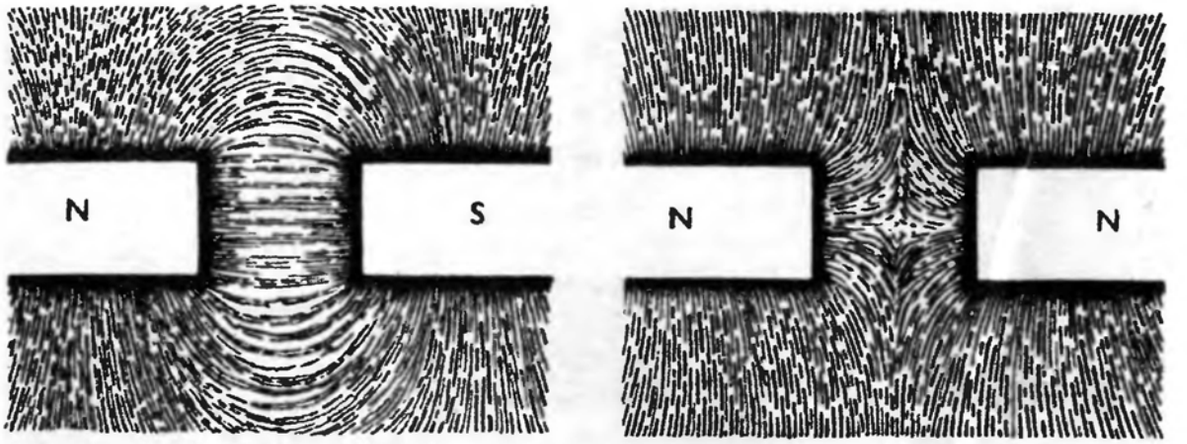
Попробуем убедиться в том, что магнитная сила проявляет себя во всем пространстве вокруг магнита. Возьмем подковообразный магнит и положим на него кусок тонкого картона.

Теперь посыплем его, по возможности равномерно, железными опилками. Постучав тихонько ногтем по картонке, мы заметим, что все опилки расположились в определенном порядке, образовав четкие линии, составляющие своеобразный узор.

Аналогичным образом можно было бы исследовать все пространство вокруг магнита. При этом мы убедились бы, что в какой бы плоскости ни находились железные опилки, они под действием магнитных сил всегда располагаются по определенным линиям. Эти линии тянутся от северного полюса к южному и называются магнитными силовыми линиями.



Силовые линии подковообразного магнита.



Силовые линии между северным и южным полюсами магнита. Отталкивающее действие одноименных магнитных полюсов заметно по расположению их силовых линий.

Как мы выяснили, во всем пространстве вокруг магнита действуют магнитные силы. Особое состояние, отличающее пространство, в котором действуют магнитные силы, от пространства, в котором таких сил нет, мы можем обнаружить с помощью железных опилок. Силовые линии показывают направление магнитных сил, действующих между полюсами магнита, а область пространства, в которой действуют магнитные силы, называется магнитным полем. Ненамагниченное железо, помещенное в магнитное поле, проявляет свойство магнита до тех пор, пока находится в этом поле. При продолжительном воздействии сил поля такое железо сохраняет магнитные свойства и в дальнейшем.

Земля также представляет собой гигантский магнит. Силовые линии магнитного поля Земли управляют компасными стрелками.

МАГНИТНЫЕ СИЛЫ У НАС ДОМА

Наш дом, как и все остальные дома, находится в магнитном поле Земли. Все железные предметы из-за длительного пребывания в магнитном поле сами стали магнитами. Мы легко можем убедиться, что все железные предметы, находящиеся у нас в доме, например железные кровати, ведра, газовые счетчики и т. д., являются магнитами и имеют северный и южный полюсы.

Возьмем карманный компас вроде тех, с которыми ходят туристы, и поднесем его к нижней части обыкновенного ведра.

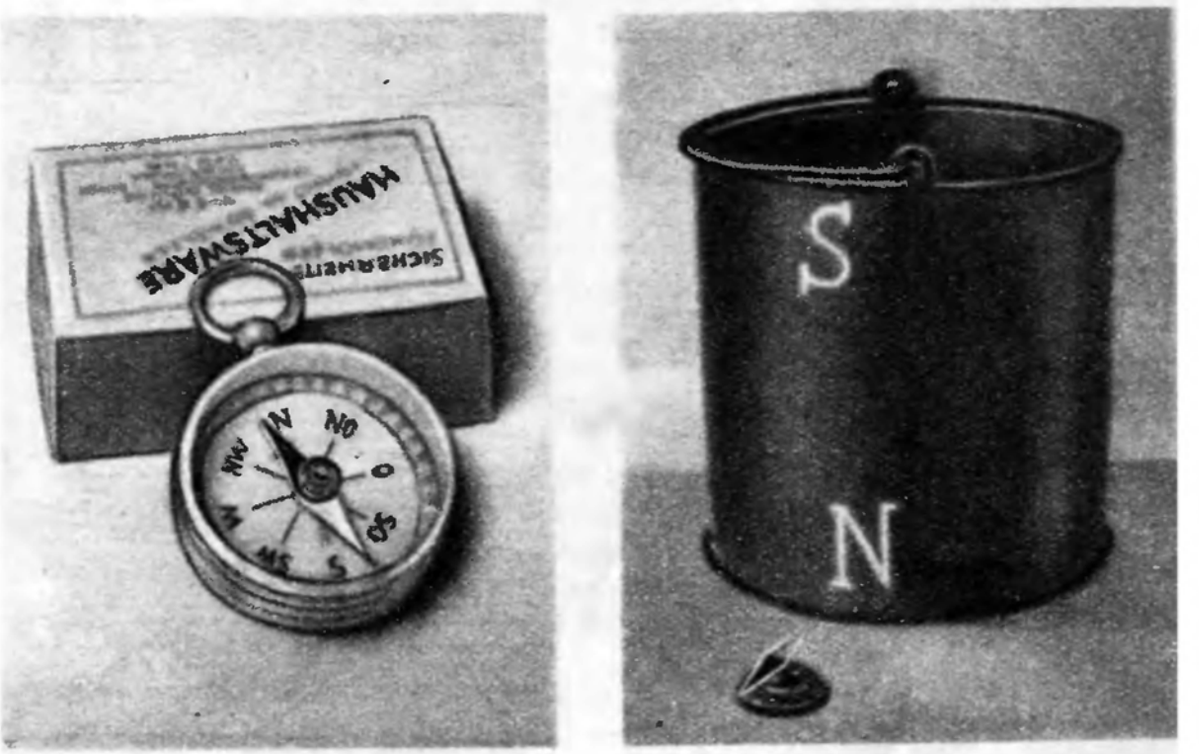
Легко заметить, что стрелка компаса уже не показывает направ-

ление север — юг, как до этого, а ее южный конец повернулся в сторону ведра. Если мы теперь будем медленно двигать наш компас вокруг ведра, то увидим, что стрелка также будет медленно поворачиваться, все время указывая южным концом в сторону ведра.

Теперь поднимем компас вертикально вверх на уровень верхнего края ведра. При этом мы заметим, что компасная стрелка повернется на 180° и к ведру теперь будет повернут уже северный ее конец. Это объясняется тем, что нижняя часть ведра представляет собой северный полюс того куска жести, из которого сделано ведро, и поэтому к нему поворачивается южный конец стрелки. А верхний край ведра — это южный полюс, и поэтому к нему поворачивается северный конец стрелки.

Не только ведро, но и железные печки, газовые и электрические счетчики, батареи отопления и даже железные кровати являются магнитами. У всех этих тел с помощью компаса можно обнаружить вверху южный, а внизу северный полюс. Этот магнетизм возник под влиянием длительного воздействия магнитного поля Земли.

Так как северный конец магнитной стрелки показывает на географический север, а северный магнитный полюс притягивает южный конец стрелки, отсюда нужно сделать вывод, что южный маг-



С помощью карманного компаса, который меньше спичечной коробки, можно произвести простейшие магнитные исследования. Железное ведро оказывается магнитом. Вверху находится южный полюс, а внизу — северный.

нитный полюс должен находиться в районе географического Северного полюса. В Южном полушарии Земли все должно быть наоборот, то есть в районе Южного географического полюса находится северный магнитный полюс Земли. Следовательно, и железные предметы, находящиеся в Южном полушарии, имеют в своей верхней части магнитный северный полюс, а внизу южный.

СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС МАГНИТА МОЖНО СДЕЛАТЬ ЮЖНЫМ И НАОБОРОТ

Железные предметы, превратившиеся в магниты под действием земного магнетизма, могут быть перемагничены, или, как говорят, переполюсованы. Их полюсы можно как бы поменять местами.

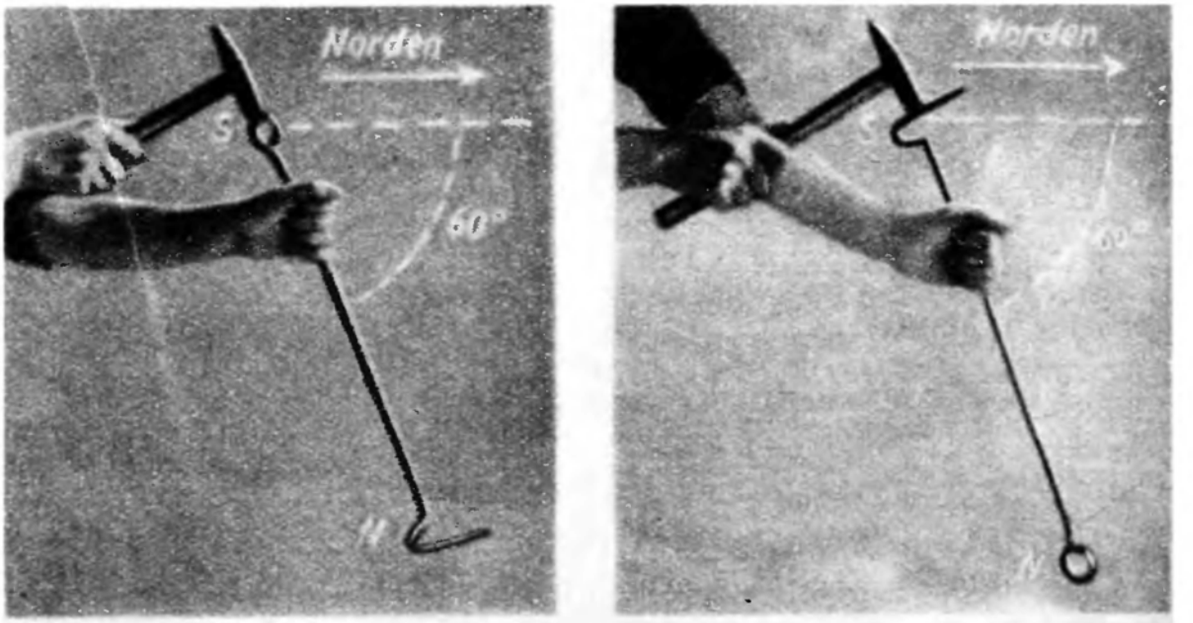
Для этого нужно соответствующим образом изменить их положение в магнитном поле Земли. Это перемещение магнитных полюсов продолжается обычно значительное время, так же как и намагничивание в магнитном поле Земли. Однако человек может произвести как намагничивание железного предмета в магнитном поле Земли, так и поменять местами его магнитные полюсы в одно мгновение.

Возьмем железную кочергу и станем таким образом, чтобы она указывала примерно с севера на юг. При этом нужно держать ее в руке так, чтобы рукоятка была обращена на юг, а сама кочерга повернута к земле приблизительно под углом 60° (см. рисунок). Теперь два — три раза сильно ударим молотком по рукоятке кочерги и проверим, не намагнитилась ли она. С помощью компаса мы легко убеждаемся в том, что рукоятка кочерги стала притягивать северный конец магнитной стрелки, а противоположный конец кочерги — южный. Таким образом мы установили, что рукоятка кочерги превратилась в южный полюс магнита-кочерги, а крючок — в северный.

Теперь возьмем кочергу в руку наоборот, то есть так, чтобы рукоятка ее была повернута к земле (тоже под углом 60°). Поступим так же, как и прежде: ударим с силой два — три раза по верхнему концу кочерги. Теперь компас покажет нам, что рукоятка кочерги превратилась в северный магнитный полюс, а крючок стал южным полюсом.

Такой опыт можно повторять с кочергой много раз подряд. Магнитные полюсы легко меняются местами.

Намагничивание и перемена полярности происходят под влиянием земного магнетизма. Мы уже выяснили, что кусок железа, находящийся в магнитном поле Земли, намагничивается на какое-то



После нескольких ударов железная кочерга оказывается намагниченной. Перевернув кочергу обратным концом и произведя еще несколько ударов, мы обнаружим, что ее магнитные полюсы поменялись местами.

время. Если же этот кусок пролежал в магнитном поле долго, он сохраняет магнитные свойства и после того, как изменилось его положение в магнитном поле.

Кочерга мгновенно намагнитилась и сохраняет свои магнитные свойства в течение продолжительного времени. Происходит это потому, что мы держали ее в направлении силовых линий земного магнитного поля и одновременно с этим несколько раз сильно ударяли по ней молотком.

Ученые установили, что каждая мельчайшая частица железа имеет северный и южный полюсы. В каждом ненамагниченном куске железа находятся эти крошечные магнитики. Они расположены хаотически, поэтому весь кусок железа представляется немагнитным.

При длительном воздействии земного магнетизма частицы железа постепенно принимают такой порядок, при котором большая часть их своими северными полюсами обращается к одному концу куска железа, а южным — к другому. Благодаря этому весь кусок железа становится магнитом. Удары молотка сильно встряхивают железо и этим способствуют тому, что равномерная переориентировка всех крошечных магнитиков происходит почти мгновенно.

Следовательно, мы установили, что железные предметы можно быстро намагнитить, если держать их вдоль линий магнитного поля Земли и одновременно с помощью сильных ударов вызывать переориентировку крошечных молекулярных магнитиков.

На бумажных фабриках можно часто наблюдать такое явление: быстро бегущее по машине бумажное полотно от постоянного трения о суконную подкладку сильно наэлектризовывается. Иногда на бумаге скапливаются настолько большие электрические заряды, что происходят значительные разряды, имеющие вид больших искр. Простой опыт поможет нам создать напряжение в 1000 вольт между листом обыкновенной газетной бумаги и стеной комнаты.

Возьмем лист газетной бумаги и прежде всего как следует его высушим. Для этого нужно хорошо прогладить его горячим утюгом (однако нужно следить за тем, чтобы бумага не обуглилась). Таким образом удалим из бумаги даже то небольшое количество влаги, которое она всегда содержит. Опыт нужно проделывать, пока бумага не остыла. Если через некоторое время мы захотим его повторить, бумагу нужно будет снова нагреть. Без этого опыт не удастся.

Для того чтобы результат опыта был более нагляден, его лучше производить в темной комнате. Горячую бумагу нужно приложить к кафельной печке или к стене, оклеенной обоями, и сильно натереть платяной щеткой. Долго тереть не нужно — достаточно десятка сильных движений.

Сила электрического притяжения крепко «приклеит» бумагу к стене. Если мы теперь попробуем ее оторвать от стены, между бумагой и стеной начнут проскакивать искры до 20 сантиметров длины.

Если теперь взять снятую со стены бумагу левой рукой и приближать к ней правую руку, можно заметить интересное явление. Бумага будет так сильно притягиваться рукой, что совершенно изогнется в ее сторону. При этом между концом бумаги и рукой также будут проскакивать электрические искры длиной до 10 сантиметров. Бояться их не нужно: сила тока здесь настолько ничтожна, что удар искры в руку почти совершенно нечувствителен.

Из этого мы можем сделать вывод, что с помощью трения можно наэлектризовать многие тела. При этом имеет значение не столько чисто внешнее трение одного тела о другое, сколько внутренняя встряска обоих трущихся веществ.

Это явление основано на том, что атомы всех веществ состоят из электрически заряженных частиц. Когда тела трутся друг о друга, то одна разновидность этих частиц, называемая электронами, может в каком-то количестве перейти с одного тела на другое. То тело, которое получает дополнительное количество электронов, называется отрицательно заряженным. В противоположность этому, тело, у которого электроны были отняты, называется заряженным положительно.



Кусок обыкновенной газетной бумаги, если его хорошо просушить, а затем протереть одежной щеткой, может быть сильно наэлектризован.

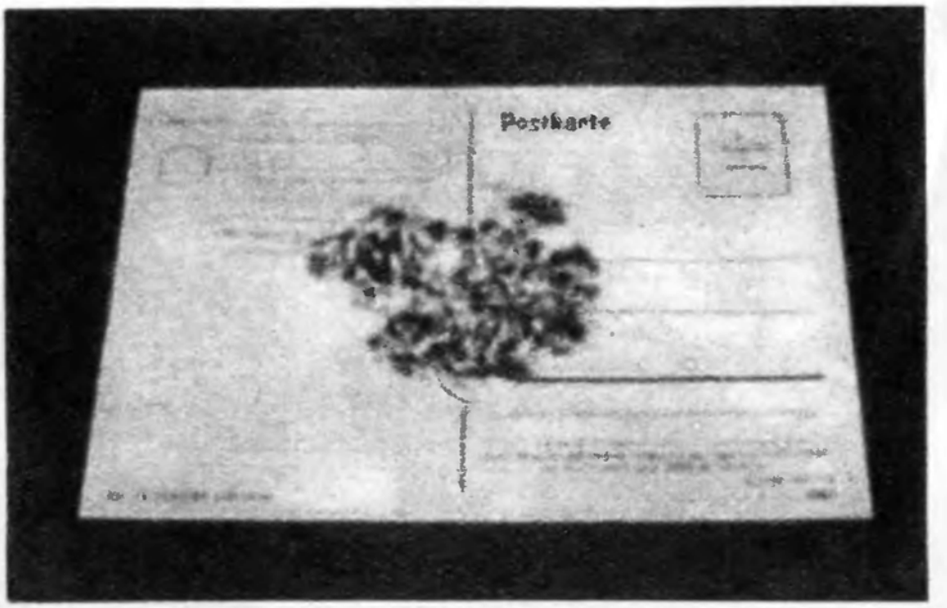
В нашем опыте бумага оказалась заряженной отрицательно, а щетка — положительно. Бумага «прилипала» к стене, потому что ее отрицательные заряды притягивались положительными зарядами стены.

В нашем опыте напряжение между заряженными телами составляло примерно 1000 вольт, и, несмотря на это, их разряды не только совершенно безопасны, но и безболезненны для человека, потому что количество электричества и сила тока здесь очень малы.

ПЕПЕЛ, ЗАРЯЖЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

На больших заводах отходящие газы очень часто обеспыливаются с помощью электричества. Этот процесс основан на том, что крошечные твердые частицы пыли и пепла несут на себе электрические заряды и поэтому притягиваются к телам, имеющим противоположный электрический заряд.

С помощью простого опыта можно показать, что мельчайшие ча-



Насыплем на имеющую электрический заряд почтовую открытку немного пепла. Если теперь сиять ее со стола, то электрические силы мгновенно сбросят с нее весь пепел.

стицы пепла могут быть электрически заряжены и с помощью электрических же сил приведены в интенсивное движение.

В нашем опыте мы будем иметь дело с пеплом от обычной папиросы. Еще нам понадобятся горячая плита или утюг, почтовая открытка и одежная щетка.

Так же как и в предыдущем опыте, зарядим электрически почтовую открытку. Для этого мы ее сначала как следует просушим, потом положим на деревянный стол и несколько раз сильно проведем по ней щеткой. Открытка «приклеится» к столу. Насыплем на нее немного пепла. Если мы теперь осторожно поднимем открытку над столом, пепел внезапно разлетится во все стороны.

Можно доказать, что почтовая открытка была заряжена отрицательно. Это значит, что в ее веществе собралось избыточное количество электронов. Пока открытка лежала на столе, электроны из прилегающего к ней слоя дерева были оттеснены вглубь, потому что электроны всегда отталкиваются друг от друга. Вследствие этого в верхнем слое дерева возник избыток положительных электрических зарядов. Это произошло потому, что, если из какого-либо тела отнять некоторое количество электронов, оно неизбежно приобретет положительный заряд.

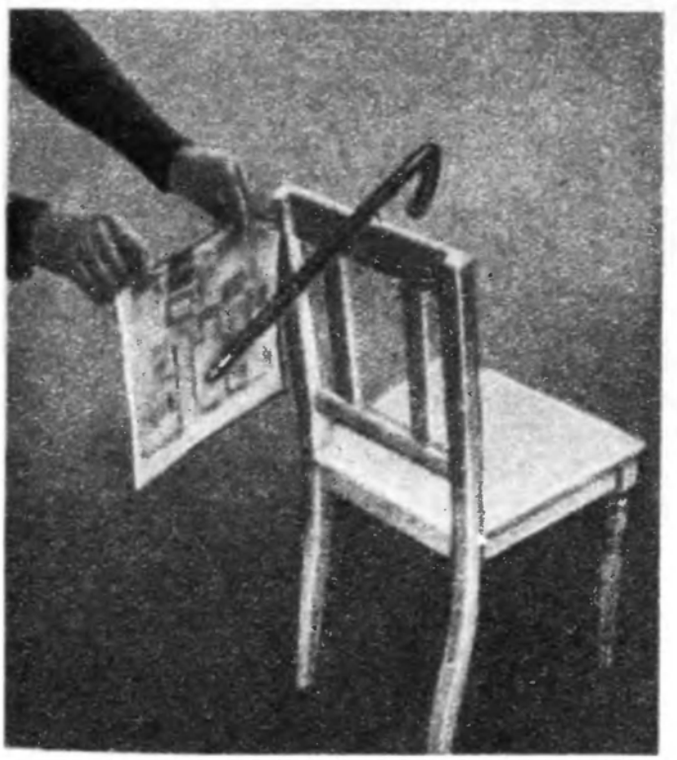
Так как положительные и отрицательные заряды притягиваются, открытка плотно «приклеилась» к столу. В первый момент после того, как мы насыпали пепел на открытку, его частицы еще не имели никакого заряда, потому что электроны открытки были притянуты

положительными зарядами верхнего слоя дерева и поэтому не могли проникнуть в частицы пепла. Однако, когда мы подняли открытку над столом, электроны были освобождены от притягивающего действия положительных зарядов стола.

Так как электроны взаимно отталкиваются, часть их немедленно устремилась в противоположную сторону и проникла в частицы пепла, которые вследствие этого и приобрели электрический заряд. Отрицательные заряды открытки и отрицательные заряды частиц пепла отталкиваются друг от друга настолько сильно, что легкие частицы пепла сбрасываются с поверхности открытки силой электрического взаимодействия.

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ КАК СЛЕДСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИЛ

Для обнаружения электрических зарядов физики применяют обычно простой прибор, называемый электроскопом. Этот прибор показывает присутствие электрических зарядов передвижением какого-либо указателя, например тонких кусочков фольги, папиросной бумаги и т. д. Мы можем убедиться в том, что не только такие



С помощью электрических сил эту палку можно привести в довольно быстрое движение.

легкие предметы, как фольга и папиросная бумага, но и массивная трость может двигаться под воздействием электрических сил.

Для этого опыта нам понадобятся обыкновенная трость, электрически заряженный кусок газеты или электрически заряженная почтовая открытка.

Положим трость на спинку стула так, чтобы концы ее уравновесились и она заняла горизонтальное положение. Теперь приблизим к одному из ее концов электрически заряженный лист газетной бумаги или электрически заряженную открытку. Немедленно трость начнет двигаться: она повернется в сторону бумаги. Если мы очень быстро перенесем бумагу на другую сторону трости, то движение ее замедлится, потом трость остановится совсем, а спустя еще секунду начнет двигаться в обратном направлении, опять в сторону бумаги.

С помощью одного и того же листа бумаги мы можем много раз повторить этот опыт — до тех пор пока бумага не станет опять влажной и не потеряет вследствие этого свой электрический заряд.

Если мы будем подносить бумагу то сверху, то снизу, наша трость начнет колебаться вверх и вниз, то есть раскачиваться вокруг горизонтальной оси. Постепенно изменяя положение электрически заряженной бумаги в темпе раскачивания трости, можно добиться таких сильных колебаний, что палка в конце концов упадет.

Отчего же начинает раскачиваться тяжелая трость?

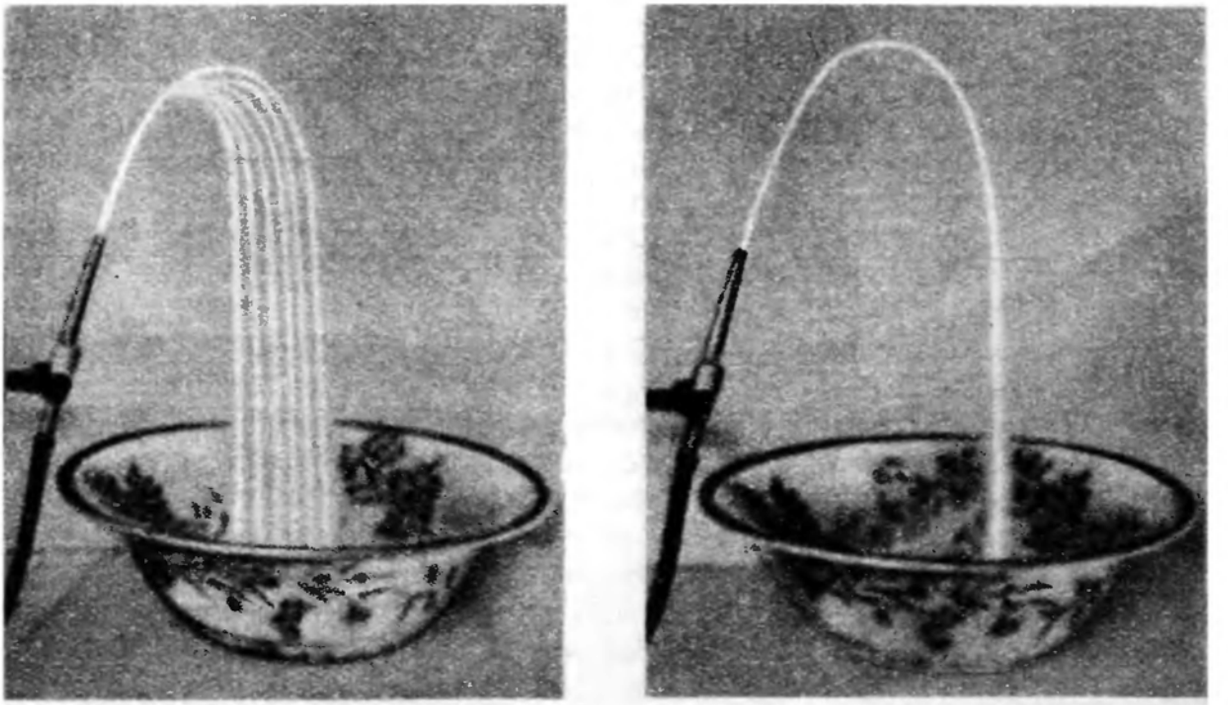
Отрицательно заряженная бумага заставляет электроны, содержащиеся в веществе трости, перейти на противоположную ее сторону. Благодаря этому ближайшая к бумаге сторона палки оказывается заряженной положительно. Эти положительные заряды притягиваются отрицательными зарядами бумаги. Эти-то силы взаимного притяжения разноименных зарядов и вызывают движение палки.

Когда мы быстро перенесли бумагу на противоположную сторону палки, то ее стало притягивать в противоположную сторону, а движение в первоначальном направлении затормозилось.

Если при этом иметь в виду, что такая трость весит больше килограмма, то можно наглядно убедиться, насколько велики электрические силы, которые действуют между газетной бумагой, натертой одежной щеткой, и тростью.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И ВОДЯНОЙ ФОНТАН

Доказано, что при распылении воды появляются электрические заряды. Обратным образом действуют электрические заряды на водяную пыль (например, в дождевом облаке), а также на водяную



Струя воды, вытекающая из трубки наклонно вверх, недалеко от вершины делится на несколько струек. Электрический заряд, расположенный на расстоянии нескольких метров от этой струи, собирает ее в один поток.

струю. Электрический заряд проявляет действие во всем пространстве вокруг себя, и сила эта в любой точке окружающего его пространства может быть легко обнаружена. Пространство, в котором действуют электрические силы, называется электрическим полем.

Следующий опыт покажет нам, что тонкая водяная струя очень чувствительна к электрическому полю. Мы сможем убедиться в том, что водяная струя в своем движении приобретает электрический заряд, который проявляет себя на расстоянии нескольких метров.

Для этого нам понадобятся резиновый шланг, суженная на конце стеклянная трубка, штатив, стеклянная миска, электрически заряженная бумага и водопроводный кран.

Наденем конец резинового шланга на широкий конец стеклянной трубки и зажмем ее в штативе так, чтобы она была направлена под углом вверх. Противоположный конец резинового шланга присоединим к водопроводному крану.

Откроем водопроводный кран таким образом, чтобы струя воды поднималась не больше чем на 50 сантиметров. Мы увидим, что недалеко от высшей точки водяная струя разделяется на несколько частей, которые отдельно падают в стеклянную миску.

Если мы теперь поднесем к верхней точке струи электрически заряженную бумагу, то увидим, что все отдельные части нашей струи соберутся вместе и будут падать в миску одним потоком. Как только бумага будет убрана или же потеряет электрический заряд, струя снова распадется на ряд отдельных потоков.

Наш опыт основан на действии электрического поля, вызываемого электрическими зарядами бумаги. Электрическое поле вызывает на поверхности водяной струи электрические заряды, которые уменьшают поверхностное натяжение воды. Это препятствует распадению струи на ряд потоков.

Тонкая водяная струя настолько чувствительна к действию электрического поля, что присутствие электрической бумаги будет проявляться уже на расстоянии нескольких метров.

Вместо электрически заряженной бумаги можно с таким же успехом применить натертую шерстью сургучную или эбонитовую палочку.

БУМАГА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРНОСТИ

Работая с проводкой постоянного тока, электромонтер часто должен иметь возможность выяснить, какой конец провода ведет к положительному полюсу и какой к отрицательному. Для этого применяются обычно специальные лампы, которые, вспыхивая, показывают отрицательный полюс. Однако есть простой способ выйти из положения и без помощи таких ламп. Для этого нужна специальная бумага, которая, изменив окраску, покажет отрицательный полюс.

Чтобы проделать этот опыт, нам понадобятся кусок такой специальной бумаги (белой), стекло, аккумулятор, два куска изолированного провода с штекерами на одном из концов.

Присоединим к обоим полюсам аккумулятора по одной проволоке. На противоположных концах этих проводов закрепим штекеры. Затем намочим кусочек специальной бумаги и положим его на стеклянную пластинку. Если мы теперь прикоснемся обоими штекерами к противоположным концам нашей бумажки, то у одного из контактов бумага немедленно покраснеет. По этому окрашиванию мы можем безошибочно установить отрицательный полюс. При этом нужно следить за тем, чтобы наши штекеры не соприкоснулись друг с другом, потому что в этом случае произойдет короткое замыкание.

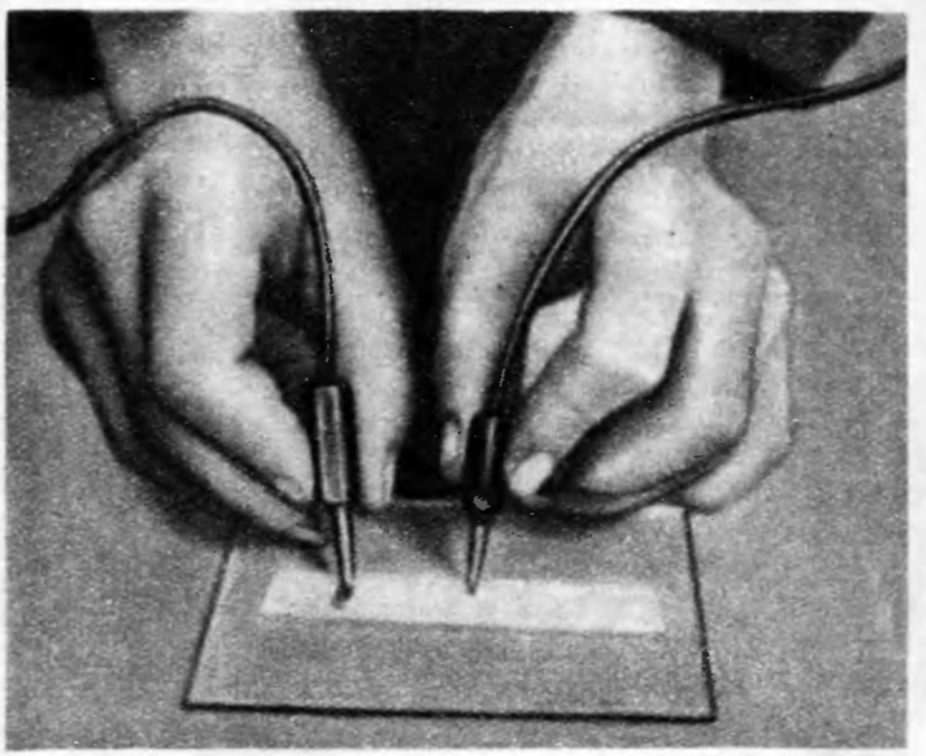
Что же это за чудесная бумага, способная отличать один электрический полюс от другого? Ничего особенного в ней нет. Это обыкновенная промокательная бумага, пропитанная раствором фенолфталеина и калиевой соли.

Когда мы прикоснулись к бумажке противоположными полюсами одного и того же источника тока, по ней начал протекать слабый ток. Этот ток разложил растворенную калиевую соль. Калий электрические силы притянули к отрицательному полюсу, где он образовал с пропитывающей бумагу водой калиевую щелочь.

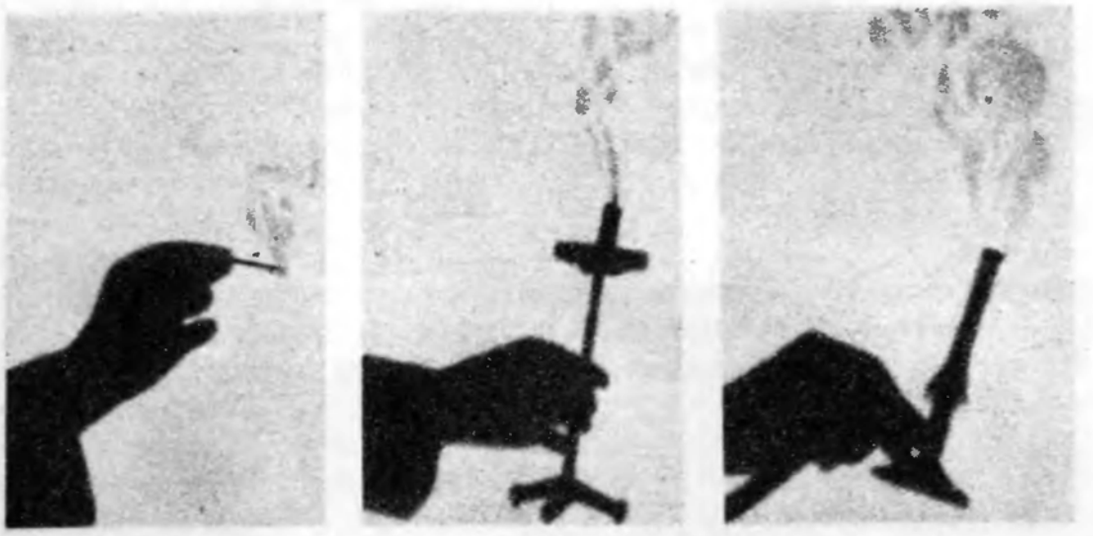
Фенолфталеин приобретает красный цвет даже от самых ничтожных количеств калиевой щелочи. Поэтому по красному цвету такой бумажки можно безошибочно определить отрицательный полюс. На положительном полюсе здесь никакого изменения окраски не наблюдается.

Если опыт проводится с помощью переменного тока из осветительной сети, то в нашу цепь обязательно нужно ввести какое-нибудь большое сопротивление, например электрическую лампочку. Это необходимо для того, чтобы предотвратить опасность короткого замыкания.

Теперь мы сможем установить, что имеем дело с переменным током. Выяснится это по тому, что покраснение бумаги произойдет вокруг обоих контактов. Это и понятно: ведь полюсы переменного тока в осветительной сети меняются местами сто раз в секунду.



Если приложнть оба контакта, идущие от источника постоянного тока, к бумажке, смоченной раствором фенолфталеина, то вокруг отрицательного полюса она окрасится в розовый цвет.



Рассматривая тень горящей спички, мы видим воздушные потоки, которые другим способом заметить нельзя. Так же становятся заметными воздушные потоки над горящей свечой. Еще заметнее воздушные потоки над бунзеновской горелкой.

Если рассматривать какой-нибудь предмет близко над поверхностью горячей плиты или нагретой батареи отопления, он кажется нам как бы колышущимся. Можно самим убедиться в том, что это явление вызывается потоком нагретого воздуха, поднимающегося над печкой или батареей.

Для этого нам понадобятся карбидная лампа, белая стена, свеча, бунзеновская горелка и резиновый шланг. С помощью карбидной лампы на стене получается очень четкое и ясное теневое изображение того предмета, который мы поставим перед лампой. Можно использовать и любой другой источник света, дающий четкие, резкие тени.

Если мы зажжем спичку и осветим ее лампой, то увидим на стене тень от воздушного потока и завихрений воздуха над спичкой. Но еще сильнее эти завихрения над пламенем горящей свечи или бунзеновской горелки. Такие завихрения примечательны еще и тем, что в них ясно видны быстро меняющиеся темные и светлые линии и области.

Этот опыт убеждает нас в том, что над любым пламенем поднимается вверх нагретый воздух, а также массы горячих газов, образующихся в процессе горения, которые смешиваются с холодным воздухом и образуют те самые потоки и завихрения, которые мы на-

блюдали в нашем опыте. Горячий воздух менее плотен, а потому и легче, чем холодный. На границе между менее и более плотным воздухом световой луч преломляется так же, как и при переходе, скажем, из воздуха в стекло. Это преломление световых лучей и обусловливает появление светлых и темных областей в завихрениях воздуха.

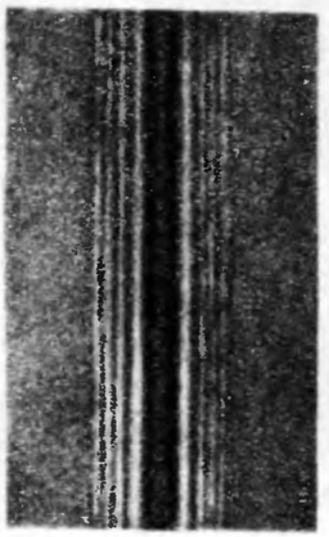
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ СВЕТА

Наука установила, что свет является электромагнитным волновым движением. Световые и радиоволны отличаются друг от друга только длиной своей волны. С помощью простого опыта мы можем определить длину волны лучей различных цветов. Для этого нам необходимо измерить расстояние между темными и светлыми полосами, заметными в тени иголки. Для этого опыта нам понадобятся большая игла, линейка, бумага и булавка.

Комнату надо затемнить таким образом, чтобы в нее проникало как можно меньше света. Затем нужно приоткрыть штору так, чтобы в комнату проходил только узкий пучок яркого света. В этот пучок перпендикулярно к лучу света нужно поставить иглу. Тень от нее упадет на лист бумаги, закрепленный непосредственно за иглой (см. рисунок). Если мы теперь будем постепенно отодвигать лист бумаги, то вскоре тень станет менее четкой и вокруг нее появится радужная кайма, пересеченная рядом темных и светлых полос.

Теперь нам нужно возможно точнее измерить расстояние между двумя средними (ближайшими к игле) темными полосами. Это удобнее всего сделать так: проколоть булавкой середину каждой полоски и после этого, убрав светомаскировку, измерить расстояние между обеими отметками с помощью линейки.

Если все сделано правильно, мы получим расстояние примерно в 1 миллиметр. Теперь измерим толщину иглы.



Темные и светлые линии интерференции вокруг тени обыкновенной иголки.

Это будет тоже примерно 1 миллиметр. И последнее измерение — расстояние от иглы до бумаги. Получим приблизительно 2,5 метра.

Виденные нами темные и светлые полосы появляются вследствие того, что волны света накладываются друг на друга. Освещенность в середине световой области возникает потому, что тень иглы частично освещается теми лучами, которые, обходя иглу, как бы немного отклоняются. Темные области получаются потому, что, когда из-за левого края иглы на бумагу падает гребень волны, в то же самое мгновение из-за правого края на бумагу падает впадина, и наоборот.

Волновая впадина перекрывается гребнем волны, которые взаимно друг друга выравнивают. Получается, что в этом месте свет как бы вовсе не падает, и поэтому здесь царит темнота. Свет плюс свет в таком случае означает темноту. Явление, при котором световые волны взаимно ослабляют или усиливают друг друга, называется интерференцией света.

А на местах ярко освещенных, в той же области интерференции, в одно и то же мгновение из-за обеих сторон иглы приходят или гребни волны, или волновые впадины, которые друг друга взаимно усиливают.

Наш опыт является наглядным подтверждением волновой природы света. Ученые доказали, что здесь справедливо такое соотношение:

$$\text{длина волны} = \frac{\text{диаметр иглы} \times \text{расстояние между полосами}}{\text{расстояние от иглы до экрана}}$$

Если поставить в это соотношение найденные в нашем опыте числа, получим:

$$\text{длина волны} = \frac{1\ мм \times 1\ мм}{2400\ мм} = 0{,}0004\ мм.$$

Так как луч каждого цвета имеет вполне определенную длину волны, точное измерение должно проделываться при свете какого-нибудь одного цвета.

Таким образом, мы установили, что длина волны видимого света составляет несколько десятитысячных долей миллиметра (при более точных измерениях ученые выяснили, что, например, длина волны голубого света составляет приблизительно 0,0004 миллиметра, а красного — 0,0008 миллиметра).

ДИФФРАКЦИЯ СВЕТА

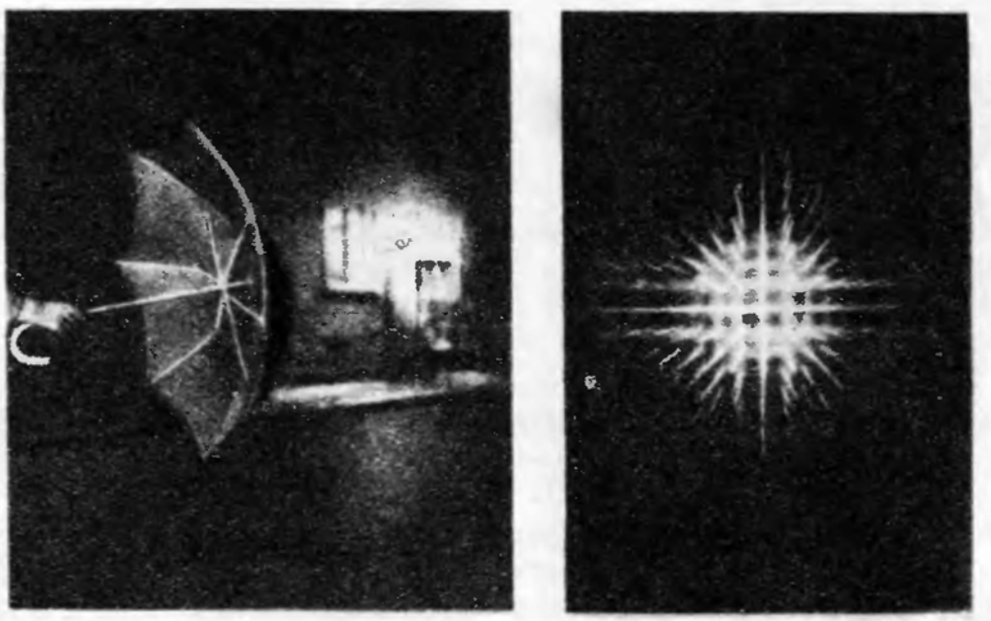
Волновая природа света была нами выявлена в предыдущем опыте с помощью явления интерференции. Много опытов было сделано физиками, чтобы сфотографировать интерференционную картину и тщательно ее изучить. Как вы убедились, явление интерференции может быть обнаружено также с помощью очень простых средств.

Теперь остановимся на другом явлении, которое можно наблюдать, если посмотреть через раскрытый шелковый зонтик на горящий уличный фонарь.

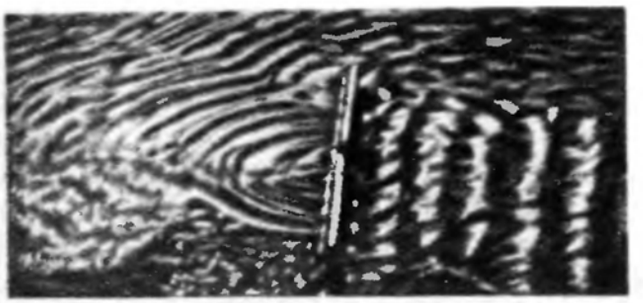
Если мы в темноте станем рассматривать через раскрытый зонтик уличный фонарь, находящийся от нас примерно на расстоянии 50 метров, то увидим очень своеобразное и многокрасочное световое явление. Прежде всего это будет примерно двадцать ламп, правильно расположенных, как клетки шахматной доски.

Если мы начнем вращать зонтик, вместе с ним начнет вращаться и наша шахматная доска из световых точек. Чем тоньше материал, из которого сделан зонтик, тем больше световых точек мы увидим.

Каждая из этих световых точек окрашена в различные цвета спектра. Если материал нашего зонтика особенно тонок, нам даже будет казаться, что мы видим множество маленьких светящихся ра-



Если смотреть на удаленный фонарь сквозь раскрытый зонтик, мы увидим такую картину.



Плоская волна, прошедшая через небольшое отверстие, распространяется дальше уже как круговая волна.

дужных колец, в которых красная кайма будет снаружи, а голубая — внутри.

Это явление можно объяснить только в том случае, если предположить, что свет имеет волновую природу. Все волны имеют свойство, пройдя через небольшое отверстие, не только продолжать движение в первоначальном направлении, но и рассеиваться — расходиться во все стороны. Это отклонение света при проходе через небольшое отверстие получило название дифракции и может наблюдаться во всех случаях, когда световые волны встречают на пути чрезвычайно маленькие препятствия, по своей величине близкие к длине волны света. При взгляде сквозь раскрытый зонтик в глаз попадают не только волны, которые движутся прямолинейно от лампы к глазу, но и те лучи, которые, помимо этого прямого направления, падают на натянутый материал, проникают через имеющиеся в нем мельчайшие отверстия, вследствие дифракции отклоняются и опять попадают в наш глаз.

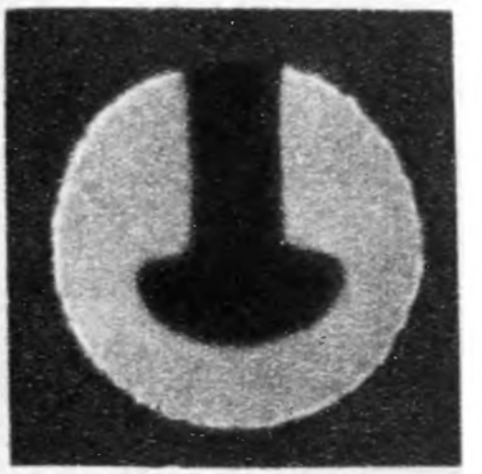
Эти различные лучи друг друга взаимно перекрывают. В том случае, когда два гребня накладываются один на другой, световая волна усиливается. Так как белый свет является смесью лучей различных цветов, отличающихся друг от друга длиной волны, то две волны одинакового цвета (например, зеленого) могут друг друга уничтожить. В результате этого оставшиеся цвета, как показывает опыт, дают красный цвет. Только таким взаимодействием световых волн можно объяснить возникновение цветного спектра в описанном выше опыте.

ОТРАЖЕНИЕ НА СЕТЧАТОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА

Объектив фотоаппарата дает на матовом стекле и на фотопленке перевернутое изображение того, что находится перед объективом. С полным правом мы можем заключить, что хрусталик глаза, очевидно, также отбрасывает на сетчатую оболочку перевернутое изображение тех предметов, на которые мы смотрим.



Тень булавки
падает на сетчатую
оболочку нашего глаза...
Но видим мы
ее перевернутое
изображение.



Чтобы проверить это предположение, попробуем получить на сетчатой оболочке нашего глаза изображение булавки и посмотрим, что у нас получится.

Для этого опыта нам понадобится совсем простой инвентарь: обыкновенная почтовая открытка и простая булавка. Возьмем открытку и проткнем в ней булавкой отверстие. Держа открытку левой рукой, поставим ее так, чтобы она находилась близко перед правым глазом. Расстояние не должно превышать 4 сантиметров. Станем так, чтобы через это отверстие увидеть окно и находящееся за ним светлое небо. Теперь возьмем булавку за ее острый конец и поднесем вертикально к правому глазу таким образом, чтобы ее головка пришлась точно против нашего зрачка (булавку нужно держать острием вниз). Постараемся сделать так, чтобы булавочная головка находилась возможно ближе к зрачку и в поле его зрения. Обычно это удается не сразу, тут нужно немного терпения.

Если все сделано правильно, в светлом пятнышке отверстия мы увидим сильно увеличенное изображение булавочной головки, перевернутое вверх ногами. Но очертания булавочной головки будут не очень четкими. Больше того, булавочная головка будет казаться находящейся по ту сторону листка бумаги.

Если мы немного приподнимем булавку, то заметим, что изображение соответственно опустится сверху вниз. А если мы начнем передвигать булавку слева направо, изображение ее будет передвигаться соответственно справа налево. Любое перемещение бу-

лавки будет восприниматься глазом как передвижение в обратном направлении.

В чем же причина этого интересного явления?

Дело здесь вот в чем. Проходящий через отверстие в открытке луч света попадает в глаз и ударяется в сетчатую оболочку. Если мы поместим в этом луче булавку головкой вверх, то, казалось бы, на сетчатой оболочке должно получиться точное изображение этой булавки с головкой, также обращенной вверх. Так оно и будет. Но в действительности мы видим обратную картину: наш глаз воспринимает булавку так, как будто она перевернута, то есть головка обращена вниз. Как это объяснить?

Из только что проделанного опыта можно заключить, что глаз привык воспринимать перевернутое изображение, а рассудок привык мысленно переворачивать его и видеть все так, как это есть в действительности. Значит, наш рассудок воспринимает предмет правильно в том случае, когда на сетчатой оболочке глаза лежит перевернутое изображение этого предмета.

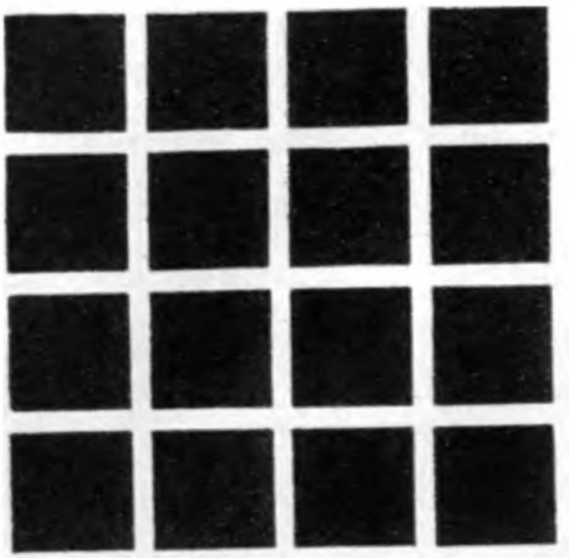
ОПТИЧЕСКИЕ ОБМАНЫ

Наше сознание часто позволяет влиять на себя различным внешним обстоятельствам и в этих случаях воспринимает предметы не такими, какие они есть на самом деле. На нескольких примерах мы можем познакомиться с известной ненадежностью наблюдений, производимых с помощью одних глаз. Для этого достаточно взглянуть на приводимые здесь рисунки.

На верхнем рисунке нам сразу бросаются в глаза серые пятнышки, появляющиеся на пересечении белых линий. Но как только мы пытаемся рассмотреть как следует одно из этих пятнышек, оказывается, что оно мгновенно исчезает. Однако, как только мы переведем взгляд на какое-нибудь другое место рисунка, сейчас же окажется, что пятнышко появилось снова.

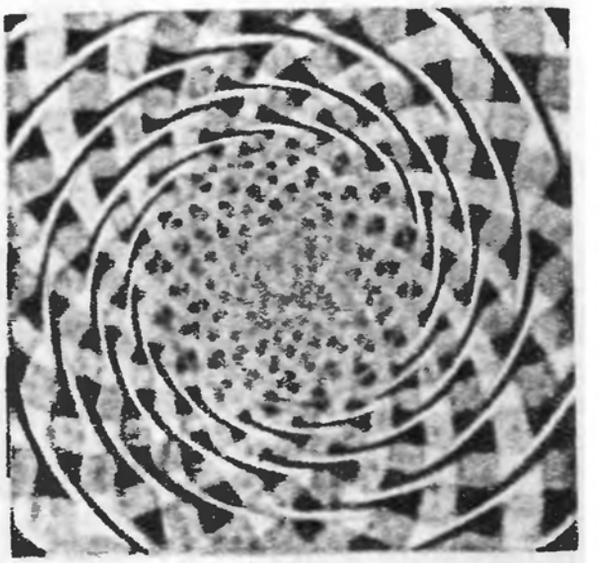
А вот другой пример. На правом рисунке мы ясно видим ряд спиралей, постепенно закручивающихся к середине картинки. Но стоит нам взять в руки циркуль и, установив его иглу в центре спирали, провести другим концом по одной из этих линий, как мы немедленно убедимся, что наша спираль — совсем не спираль, а ряд концентрических окружностей. Интересно при этом вот что: даже теперь, когда мы точно установили, что перед нами ряд концентрических окружностей, нам по-прежнему кажется, что на рисунке изображена спираль.

Обе балки на нижнем рисунке кажутся положенными криво. Но



На пересечении белых линий
мы видим серые пятнышки,
но стоит нам
попытаться рассмотреть
какое-нибудь из них,
как оно немедленно
исчезает.

Эта линия — спираль?



если мы, закрыв один глаз, станем, внимательно рассматривая это изображение, постепенно переводить взгляд с правого конца рисунка к левому или наоборот, то без труда убедимся, что края балок совершенно параллельны.

Проделанные только что опыты убеждают нас в том, что сознание часто получает от глаз такие изображения, которые совсем не отвечают действительности. Если физик ставит какой-нибудь опыт, чтобы установить научную истину, он всегда должен критически проверить, действительно ли и в какой степени его наблюдения могут восприниматься как надежные и строго отвечающие объективным фактам. Это особенно важно при измерениях — здесь большую роль играет степень точности.

При рассматривании верхнего рисунка нас особенно интересовали точки пересечения белых линий. На правом рисунке мы направляли наше внимание на края обеих балок. На нижнем рисунке мы смотрели на окружности. Все эти линии не являются изолирован-



Параллельны ли
друг другу эти балки?

ными изображениями, а составляют части какого-то единого целого. Подобно тому как рама, в которую заключена картина, существенным образом влияет на то, как мы эту картину воспринимаем, так и впечатление, которое создает у нас часть какого-то целого, всегда существенным образом определяется изображением всего этого целого, то есть окружением той детали, которую мы рассматриваем.

ВРАЩАЮЩАЯСЯ ЧЕРНО-БЕЛАЯ ШАЙБА

Мы проделаем сейчас один удивительный опыт, который известен уже больше пятидесяти лет, но тем не менее до сих пор не нашел достаточно полного и точного объяснения. Причина этого состоит в том, что еще и теперь науке неизвестны все подробности процессов, происходящих в нашем глазу, когда мы смотрим. В последнее время этот опыт стоит в центре внимания физико-физиологических исследований, потому что его дальнейшее изучение обещает принести совершенно новые и чрезвычайно важные результаты, которые помогут выяснить неизвестные пока стороны всего процесса человеческого видения.

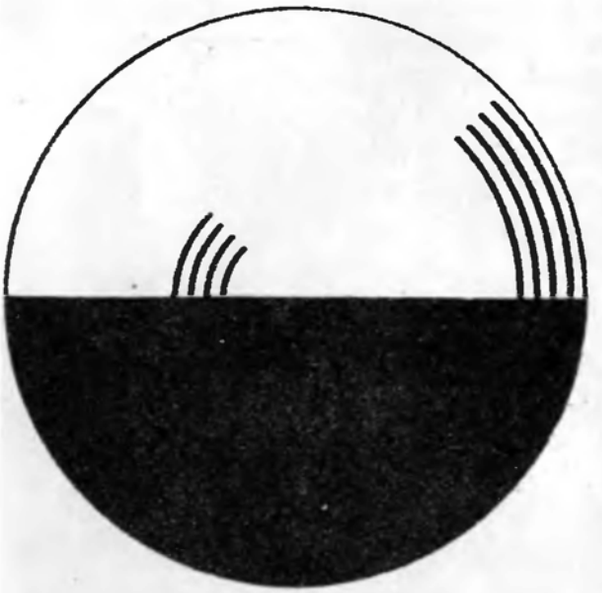
Проделаем опыт сами. Для этого вырежем из картона два кружка и нанесем на них с помощью циркуля и линейки рисунок, подобный изображенному на рисунке справа. Диаметр кружков должен составлять примерно 6 сантиметров.

Проткнем центры кружков булавками. Затем поднесем один кружок под абажур сильной лампы, как это показано на рисунке, и начнем его быстро вращать по часовой стрелке. Мы без труда заметим на внешнем ободе кружка четыре красных круга, а вблизи центра — четыре синих. Краски будут очень яркими, как будто их нарисовали кистью.

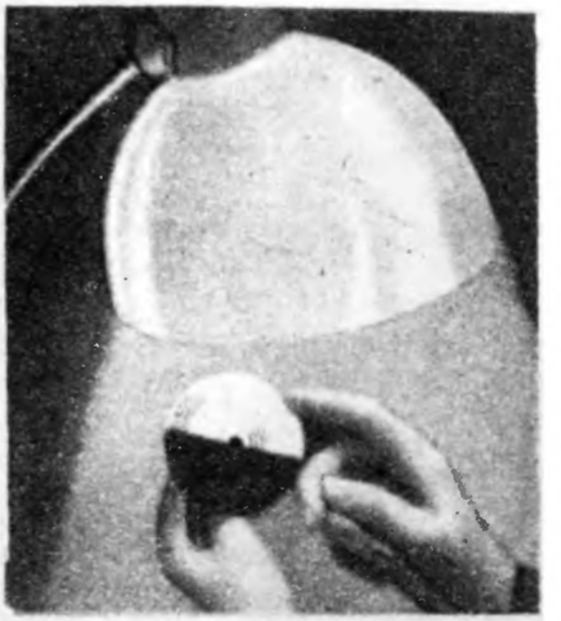
Если мы заставим кружок вращаться в обратном направлении, цветные круги как бы поменяются местами. Внешние, до этого красные, круги будут казаться синими, а внутренние, доселе казавшиеся синими, покажутся теперь красными.

Возьмем теперь второй кружок, подобный изображенному на рисунке. При вращении этого кружка по часовой стрелке мы увидим на внешней стороне круга синие, а внутри красные круги. Следовательно, цветовое явление здесь будет обратным тому, какое мы наблюдали в первом случае.

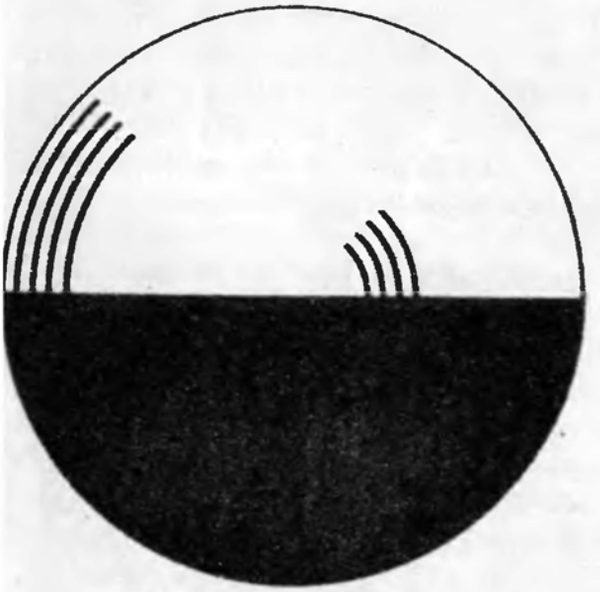
Цветовое восприятие возникает здесь оттого, что при быстром вращении кружка белый и черный цвета очень быстро следуют друг



Если такой черно-белый кружок...



...вращать в ярком электрическом свете, на нем покажутся яркие цветные круги.



Если быстро вращать по часовой стрелке этот кружок, мы будем видеть на внешней стороне окружности красные круги; если же вращать его в обратную сторону, вместо красных мы увидим синие круги.

за другом. На самом деле в глаз не попадает синих и красных лучей, так как они здесь отдельно не возникают. Восприятие цвета является в данном случае обманом зрения.

В самое последнее время исследование этого интересного явления привело к совершенно неожиданным и очень важным результатам. Впервые для такого исследования было применено освещение не белым светом, а лучами какого-нибудь одного цвета. Лучи стро-

го одного (желтого) цвета испускают, например, раскаленные пары натрия. Несмотря на то что раскаленные пары натрия излучали свет только одной, строго определенной длины волны, на вращающемся кружке удавалось получать не только красные, зеленые и синие круги, но даже белый и черный цвета. Таким образом удавалось создать в нашем мозгу впечатление таких цветов, которых вообще не было в падающем на кружок свете. Отсюда можно было сделать вывод, что свет какой-нибудь одной длины волны при определенных обстоятельствах может создавать в глазу впечатление самых различных цветов. Эти новейшие исследования, которые в настоящий момент еще не закончены, могут привести к выяснению совершенно новых, доселе неизвестных явлений, происходящих в нашем глазу в процессе видения.

ХОЛОДНАЯ ВОДА КИПИТ

Это не совсем точно, когда кто-нибудь говорит, что вода кипит при плюс 100 градусах Цельсия. Точка кипения зависит от давления воздуха, которое ежедневно меняется, а также от того, на какой высоте над уровнем моря находится пункт, в котором мы производим опыт. На Монблане, например, вода кипит уже при плюс 84 градусах. При еще меньшем давлении над поверхностью жидкости вода может кипеть при плюс 60, 40 градусах и даже при комнатной температуре.

Попробуем проверить это последнее утверждение. Для этого нам понадобятся колба с тугой пробкой, бунзеновская горелка со шлангом и треножником или электрическая плитка, металлическая решетка с асбестовой прокладкой, какие применяются в химических лабораториях, деревянный зажим для держания пробирок.

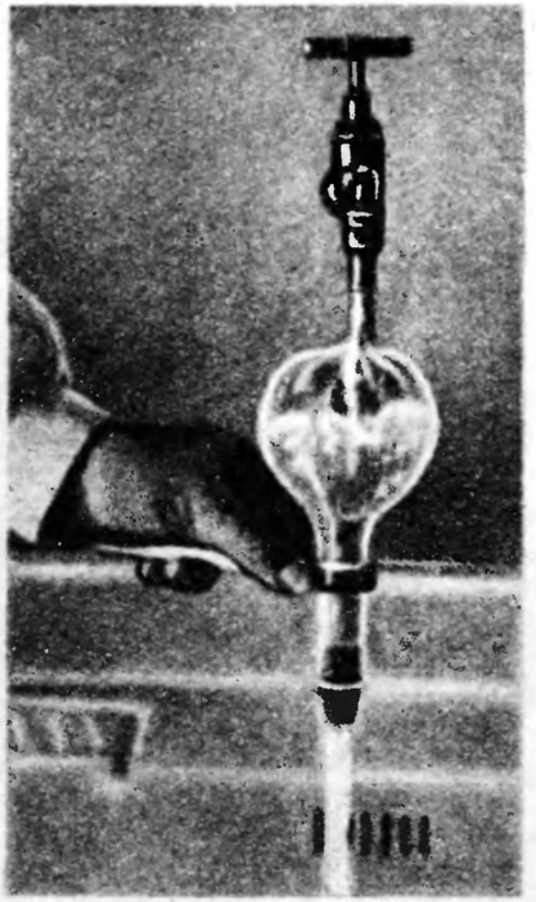
Возьмем колбу и наполним ее примерно на одну треть водой. Теперь поставим колбу на штатив так, как это показано на рисунке, зажжем горелку. Еще лучше, если можно воспользоваться электрической плиткой, тогда не нужен ни штатив, ни бунзеновская горелка.

Когда вода закипит, снимем с плитки и туго заткнем ее пробкой. Затем перевернем колбу и подождем, пока вода немного остынет.

Мы видим, что кипение воды полностью прекратилось. Подставим теперь колбу под струю холодной водопроводной воды. Вода в колбе моментально опять вскипит.

В чем же здесь дело?

Объясняется это на первый взгляд неожиданное явление тем, что, когда вода кипела первый раз, колба не была закрыта и поднимавшийся над водой пар вытеснил из нее воздух. После того как мы



Стоит облить эту колбу
холодной водой,
как вода в ней
тут же закипит.

плотно заткнули колбу и перевернули ее, над поверхностью воды остался только горячий водяной пар. Подставив колбу под струю холодной воды, мы быстро ее охладили.

Естественно, что вместе с колбой охладился и содержащийся в ней водяной пар. Этот охлажденный пар в виде мельчайших капелек осел на внутренних стенках колбы, а над поверхностью воды количество газа резко уменьшилось, благодаря чему резко понизилось давление.

Как мы уже говорили выше, при пониженном давлении вода закипает при температуре значительно меньшей плюс 100 градусов. Нам удалось создать высокое разрежение, и вода закипела даже при комнатной температуре.

Вот и вся разгадка неожиданного на первый взгляд результата нашего опыта.

КИЛОГРАММ СИЛЫ И КИЛОГРАММ МАССЫ

Вес и масса — два понятия, которые в повседневной жизни часто путают. Но юный физик должен уметь хорошо их различать. На одном простом опыте мы попытаемся точно разобраться в том, что такое вес и что такое масса и чем эти два понятия отличаются одно от другого.

Ход мысли у нас будет такой: если мы привяжем к крючку пружинных весов, которые называются динамометром, гирю весом 1 ки-

лограмм, пружина соответственно растянется, потому что гиря притягивается Землей.

Теперь совершим мысленно такое путешествие. Перенесемся на Северный полюс. Здесь наши весы покажут несколько больший вес, чем в первом опыте. Если мы, покинув полюс, перенесемся на экватор, вес нашей гири неожиданно уменьшится.

Теперь покинем Землю и перенесемся на поверхность Луны. Наши весы покажут, что вес гири составляет лишь незначительную часть того веса, который мы зарегистрировали на Земле.

Если бы мы могли произвести такое же измерение на поверхности Солнца, то обнаружили бы, что вес нашей гири увеличился в несколько десятков раз. Значит, одни и те же весы в разных местах показывают совершенно различный вес одной и той же гири.

В чем же тут дело?

Под словами «вес тела» подразумевается сила, с которой это тело притягивается к Земле (или к той планете, где мы производим измерение). Эта сила является проявлением взаимного притяжения гири и Земли. Наукой установлено, что одно и то же тело притягивается Землей сильнее на Северном полюсе, чем на экваторе. В повседневной жизни мы сказали бы, что на Северном полюсе оно весит больше, чем в других местах Земли.

Происходит это потому, что Земля по своей форме не является



Килограммовая гиря имеет неизменную массу в 1 килограмм. Вес же этой гири, то есть та сила, с которой она притягивается к Земле, в различных местах различна.

геометрически точным шаром, а немножко сплюснута у полюсов. Поэтому поверхность ее у полюса немного ближе к центру Земли, чем поверхность на экваторе.

Другая причина этого явления — это вращение Земли вокруг своей оси. В результате этого вращения на все тела, находящиеся на поверхности Земли, действует центробежная сила, которая тем больше, чем больше радиус вращения. А самый большой на Земле радиус вращения и будет ее экваториальный радиус. На Северном полюсе центробежной силы нет совсем. Поэтому центробежная сила на экваторе, отталкивая гирю от поверхности Земли, также как бы уменьшает ее вес.

В качестве единицы измерения массы учеными всех стран было принято количество массы вещества, содержащееся в 1 кубическом дециметре (1 литре) дестиллированной воды, имеющей температуру плюс 4 градуса. Эта масса называется массой в 1 килограмм. Единицей веса принято считать ту силу, с которой масса в 1 килограмм притягивается к Земле на 45-й географической параллели и в пункте, расположенном на уровне моря. Эта сила называется 1 килограмм силы. Он равен 1000 граммов силы и обозначается *кГ*.

Масса в 1 килограмм на 45° широты и на уровне моря имеет вес, точно равный 1 килограмму, на Северном полюсе ее вес увеличится и будет составлять круглым числом 1,003 килограмма, а на экваторе — всего 0,997 килограмма.

Так как масса и диаметры Луны и Солнца хорошо известны астрономам, можно было высчитать, что на поверхности Луны масса в 1 килограмм будет весить всего 0,168 килограмма, а на поверхности Солнца — целых 27 килограммов.

Итак, во время нашего мысленного путешествия мы установили, что 1 кг массы весит:

на 45° географической широты	1	*кГ*
на Северном полюсе	1,003	»
на экваторе	0,997	»
на поверхности Луны	0,168	»
на поверхности Солнца . . .	27	»

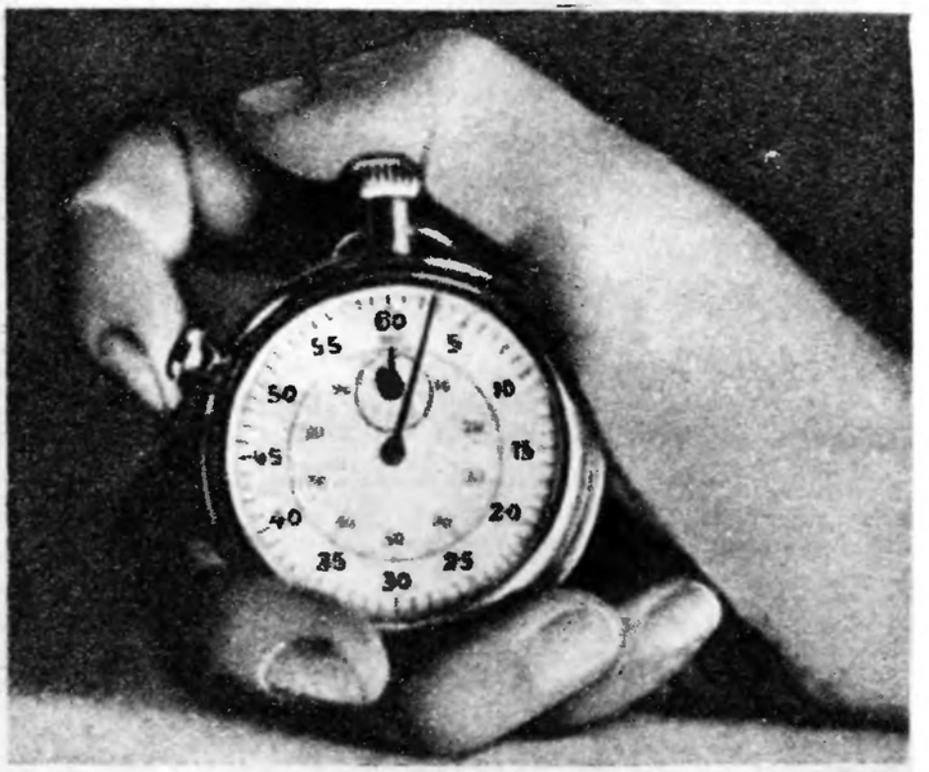
Значит, одна и та же масса (в нашем опыте 1 килограмм) в различных местах имеет и различный вес.

Для определения массы какого-либо тела служат рычажные весы. А вес тела измеряется на пружинных весах, шкала которых размечена в килограммах силы.

Если мы на рычажных весах установили, что масса какого-либо тела равняется 500 граммам, то мы, находясь на Земле, всегда будем считать, что и вес тела равен 500 граммам силы.

Ошибка, которую мы при этом совершаем, будет очень мала. Но всегда нужно помнить, что килограмм массы и килограмм силы — это совсем разные вещи.

КАКУЮ МОЩНОСТЬ МОЖЕТ РАЗВИТЬ ЧЕЛОВЕК



Время засекают с помощью такого секундомера.

Чем короче время, в течение которого мы совершаем некоторую работу, тем больше создаваемая нами мощность. В технике мощность какой-либо машины измеряется обычно в лошадиных силах (*л. с.*). В последнее время все шире стали применять другую единицу измерения мощности — киловатт (*квт*).

Попробуем измерить мощность, которую развивает человек, взбегая вверх по лестнице. Для этого нам потребуется самый простой инструмент: линейка и секундомер.

Предположим, что какой-нибудь человек бежит вверх по лестнице так быстро, как он только может. Запишем все числа, которые нам понадобятся для измерения мощности. Предположим, что лестница имеет двадцать ступенек. Высота каждой из них составляет 18 сантиметров. Отметим время, которое потратил человек для того, чтобы взбежать на эти двадцать ступенек. Предположим, это будет 2,8 секунды (если нет секундомера, можно измерить время с достаточной степенью точности и по обыкновенным часам). Вес человека будем считать равным 60 килограммам.

Теперь высчитаем мощность. Мы знаем, что для того, чтобы поднять гирю весом 1 килограмм на 45° широты, необходима сила в

1 килограмм. Если мы поднимем такую гирю на высоту 1 метр, приложенная нами сила в 1 килограмм будет действовать на протяжении пути в 1 метр. Затраченная при этом работа составит 1 килограммометр (*кГм*). В нашем географическом поясе (Германия расположена между 47-й и 55-й параллелью) работа, необходимая для того, чтобы поднять килограммовую гирю на 1 метр, составляет почти точно 1 килограммометр.

Так же и в том случае, когда поднимающая сила составляла 10 килограммов, но действовала на пути 1/10 метра, работа составляла также 1 килограммометр. Работу при подъеме тяжести можно вычислить в любом случае, если перемножить силу, которую мы прилагаем, взятую в килограммах, на высоту подъема в метрах.

В нашем примере высота подъема составила:

$$18\ см \times 20 = 360\ см = 3{,}60\ м.$$

Работа, которая при этом была совершена, составит:

$$60\ кГ \times 3{,}6\ м = 216\ кГм.$$

Работа, производимая в течение 1 секунды, называется мощностью. Когда работа в 75 килограммометров совершается за одну секунду, то говорят, что развивается мощность в одну лошадиную силу. Так как в нашем примере подъем человека по лестнице продолжался 2,8 секунды и при этом была совершена работа в 216 килограммометров, то за 1 секунду работа составила $\frac{216}{2{,}8}$ килограммометров. Это соответствует мощности $\frac{216}{2{,}8 \times 75} = 1{,}03$ лошадиной силы.

Таким образом, мы выяснили, что человек легко может, правда только на короткое время, развить мощность в 1 лошадиную силу. При более длительном напряжении человек большей частью развивает мощность не больше 1/3 лошадиной силы. При нормальном же физическом напряжении мощность человека не превышает в среднем 1/10 лошадиной силы.

В заключение нужно сказать, что выражение «лошадиная сила» не вполне точно, потому что даже лошадь в течение значительного времени не развивает мощности в 1 лошадиную силу. Средняя мощность лошади не превышает 2/3 лошадиной силы. 1 киловатт соответствует мощности, равной примерно 1,4 лошадиной силы.

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС СТАЛИ

Тот факт, что два тела одинакового объема часто имеют совершенно различный вес, известен каждому. Если разделить вес какого-нибудь тела на его объем, мы получим величину, называемую удельным весом того вещества, из которого сделано данное тело.

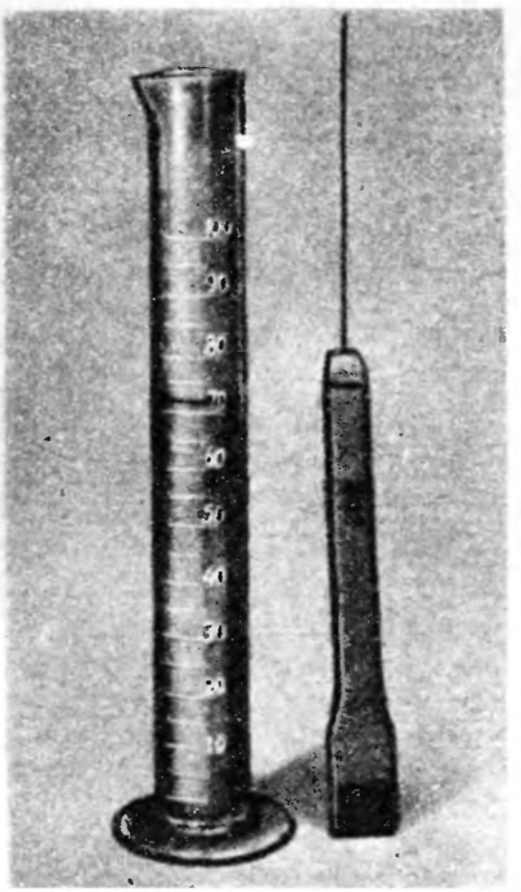
Попробуем вычислить удельный вес стали, из которой сделано зубило. Для этого нам понадобятся зубило, мензурка, крепкая нить, весы и набор гирь.

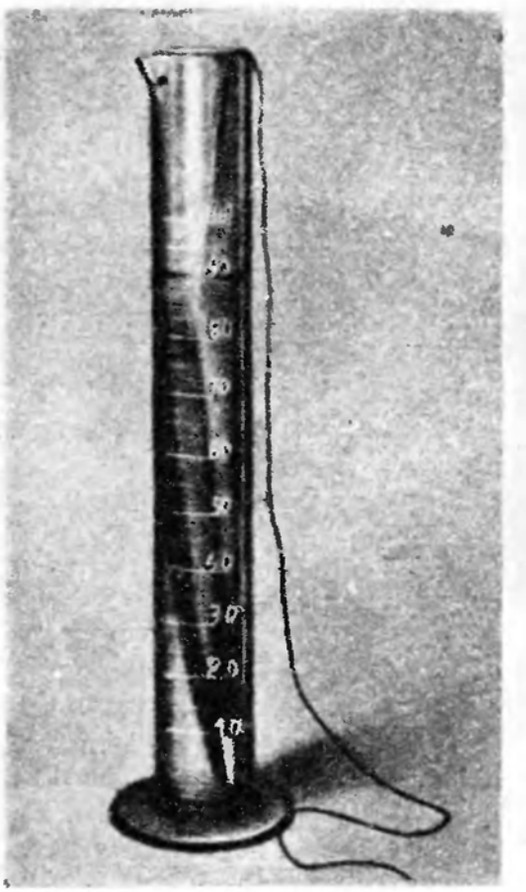
Взвесим наше зубило и запишем результат. Затем нальем в мензурку воды таким образом, чтобы заполнить ее примерно до половины. Запишем объем жидкости, который находится в мензурке. Постараемся определить его возможно точнее, зафиксировав десятые доли кубического сантиметра.

Привяжем наше зубило к нити и погрузим его в воду. Уровень жидкости, естественно, значительно повысится, и зубило целиком окажется под водой. Запишем получившийся уровень жидкости. Полученная нами цифра показывает объем воды и зубила вместе взятых. Вычтя из этого количества объем воды, который мы записали в начале нашего опыта, получим объем зубила.

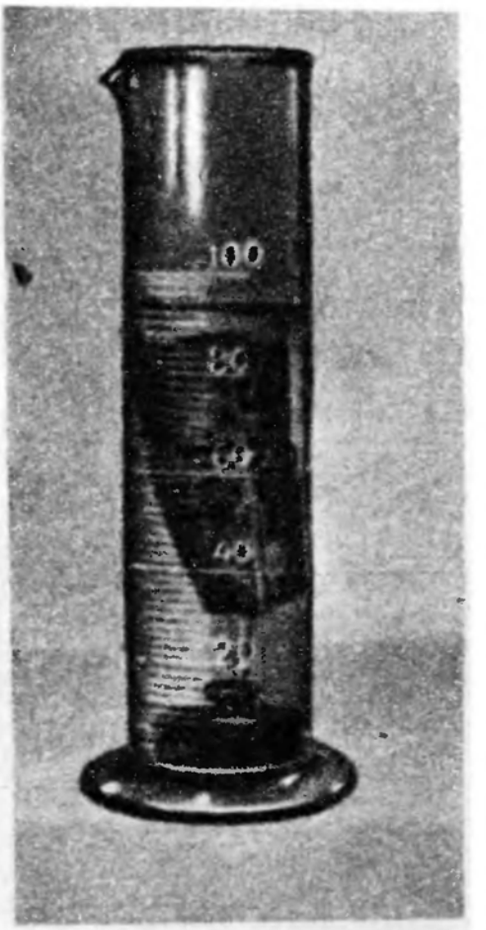
Если мы теперь вес зубила в граммах разделим на его объем, взятый в кубических сантиметрах, то получим удельный вес стали. В нашем опыте он составит примерно 7,9.

Зубило, привязанное к нитке, опускают в мензурку с водой.





УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ПРОБКИ



Чтобы пробки не всплыли, к ним привязывают гирьку.

Метод определения удельного веса, который мы применили в опыте со стальным зубилом, не может быть одинаково легко использован во всех случаях. Например, если мы попытаемся измерить удельный вес пробки, то нам придется прибегнуть к особым ухищрениям, потому что пробка плавает на воде, а для того, чтобы узнать ее объем, она должна целиком погрузиться под воду. Для того чтобы избавиться от этого неудобного в данном случае свойства пробки, нужно привязать к ней гирьку, которая и затянет ее под воду.

Возьмем несколько пробок, взвесим их и свяжем тоненькой проволочкой. Свободный конец проволочки привяжем к небольшой гирьке. Теперь опустим в нашу мензурку одну эту гирьку, держа пробки над поверхностью воды. Запишем, на сколько поднялся уровень жидкости. Теперь опустим в мензурку и пробки и снова запишем уровень жидкости.

Разница в обоих числах даст нам объем пробок. Если теперь разделить вес пробок на их объем, то мы найдем удельный вес, равный 0,24.

А сколько весит 1 кубический метр пробки? Любой человек, не разобравшись как следует, может сказать, что кубический метр

пробки весит очень немного и он легко сможет его нести и даже подбрасывать.

Однако попробуем высчитать. 1 кубический метр имеет объем, равный $100 \times 100 \times 100$ кубических сантиметров, то есть 1 миллион кубических сантиметров. Так как 1 кубический сантиметр пробки весит 0,24 $\frac{г}{см^3}$, то количество пробки, имеющее объем 1 кубический метр, составит:

$$0{,}24 \times 1\,000\,000 = 240\,000 \text{ } гр, \text{ или } 240 \text{ } кг.$$

Таким образом, никакой человек не только не сможет унести 1 кубический метр пробки, но даже вряд ли сдвинет его с места.

ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ И ЛИНИЯ ТЯЖЕСТИ

В технике во многих случаях бывает важно установить, где находится центр тяжести какого-либо предмета. Например, при изготовлении настольной лампы нужно, чтобы ее центр тяжести находился как можно ниже. Попробуем на простом примере разобраться, как можно найти центр тяжести какого-нибудь тела.

Возьмем кусок картона неправильной формы. На один конец крепкой нити привяжем небольшую гирьку или камень. На другом конце нити завяжем узел. Теперь свободный конец нити выше узла проденем через отверстие, проделанное где-нибудь недалеко от края нашей картонки так, как это показано на рисунке. Узелок должен быть достаточно большим и не проходить через это отверстие. В этом случае картонка повиснет вдоль нити. Отметим направление, по которому наша нить пересекает картонку. Положив картонку на стол, проведем линию, соответствующую этому направлению.

Теперь проделаем еще одно отверстие где-нибудь в другой стороне картонки. Проденем через него нить и повторим наш опыт. Мы получим вторую линию, которая будет пересекать первую линию в точке S. Линии AA' и BB' называются линиями тяжести. Точка пересечения линий тяжести, обозначенная нами S, является центром тяжести нашей картонки.

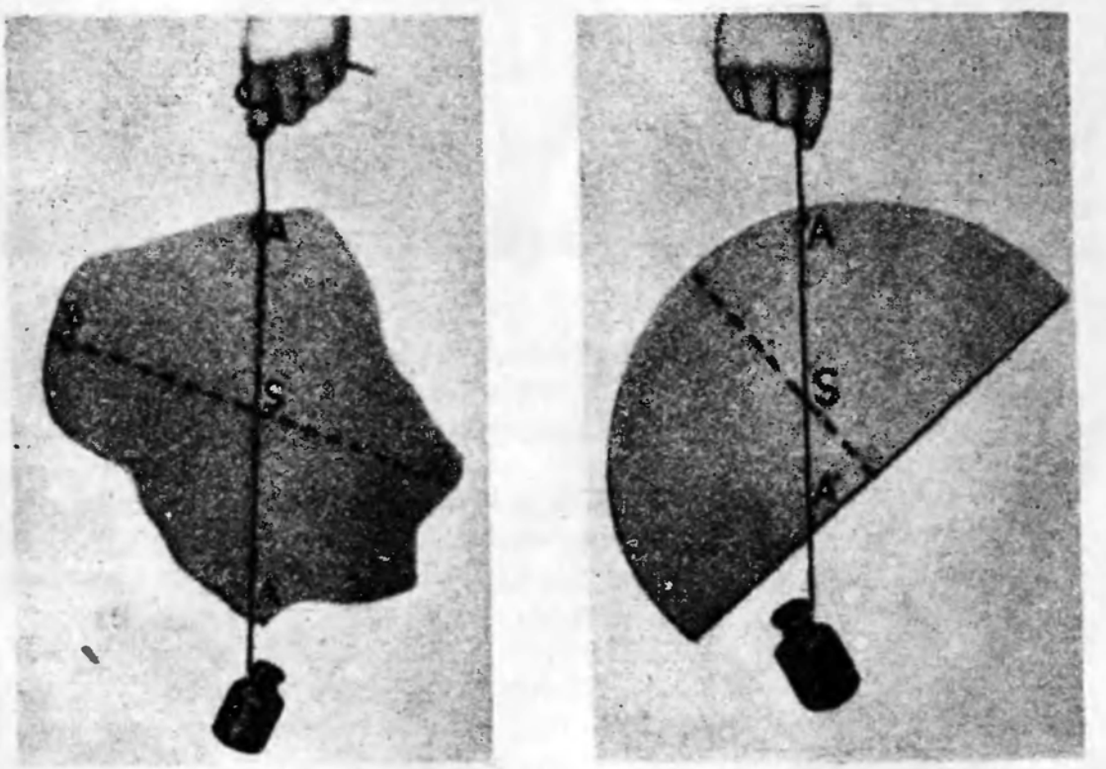
Проверить это можно следующим образом. Картонку, имеющую неправильную форму, нужно поместить центром тяжести на конец пальца. Она будет легко удерживаться в таком положении. Ни в одной другой точке сделать этого нельзя. Таким же способом можно найти центр тяжести и какой-нибудь правильной поверхности, например имеющей форму половины круга. Каждая частичка любого тела находится под действием силы тяжести, которая направлена к центру Земли. Все бесчисленное множество этих сил можно рас-

сматривать как действие одной силы, приложенной к определенной точке данного тела. Эта точка и называется центром тяжести. Если мы хотим удержать в равновесии какое-нибудь тело, достаточно поддерживать его центр тяжести.

Известно, что висящее тело (отвес) будет находиться в состоянии устойчивого равновесия, если его центр тяжести будет лежать на одной вертикали с точкой подвеса и находиться ниже нее. Таким же образом подвешенная нами картонка заняла такое положение, при котором ее центр тяжести оказался точно под точкой подвеса. Значит, центр тяжести должен лежать точно на направлении вертикальной нити; поэтому это направление называется линией тяжести. Две линии тяжести в точке их пересечения определяют центр тяжести плоской поверхности.

Центры тяжести могут быть установлены не только экспериментальным путем, но также вычислены чисто математически. Таким путем можно найти, что центр тяжести какой-либо поверхности, имеющей форму половины круга, лежит на ее радиусе, перпендикулярном к линии среза, на расстоянии $\frac{4\pi}{3r}$ от линии среза.

Попробуйте сами вычислить место нахождения центра тяжести нашей картонки и потом проверить это на опыте.

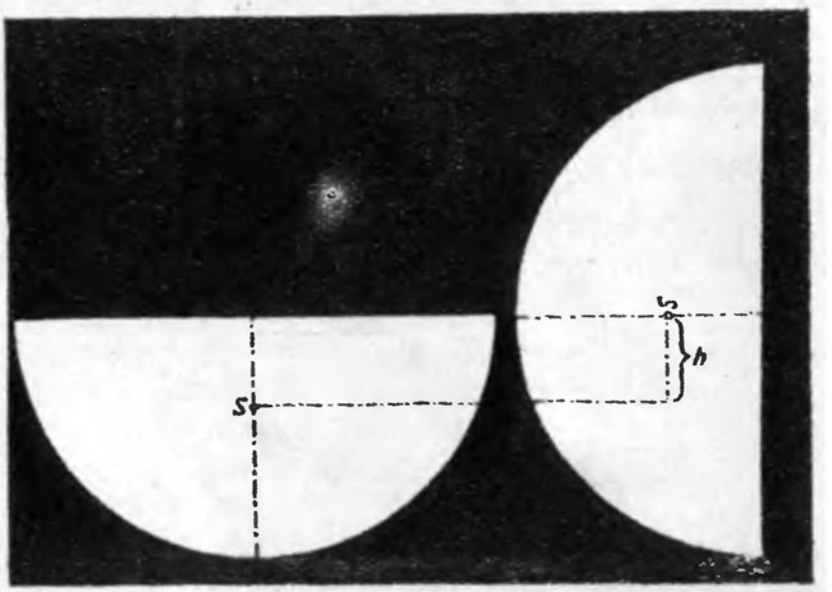


Центр тяжести неправильной пластинки находится в точке пересечения двух линий тяжести. Таким же способом может быть найден центр тяжести пластинки, имеющей форму половины круга.

ПРИНЦИП „ВАНЬКИ-ВСТАНЬКИ"



Почему эта игрушка всегда возвращается в первоначальное положение?



Наклоняя «ваньку-встаньку», мы поднимаем его центр тяжести на высоту h.

Давно известна игрушка «ванька-встанька». Стоит его нагнуть или положить набок, а потом отпустить, как он сам немедленно возвращается в прежнее вертикальное положение. Подумайте о том, почему это происходит.

Для того чтобы правильно ответить на этот вопрос, сделаем модель, которая и поможет нам во всем разобраться. Никаких особых приспособлений для этого не понадобится. Достаточно взять обыкновенного «ваньку-встаньку» и вырезать из картона полукруг радиусом 8 сантиметров.

Если внимательно рассмотреть эту игрушку, можно заметить, что она смонтирована на тяжелой подставке, имеющей форму полушария. Так как материал, из которого сделана сама фигурка, очень легкий, то центр тяжести всей игрушки практически совпадает с центром тяжести тяжелого полушария-подставки.

Математически доказывается, что центр тяжести полушария ле-

жит внутри его на радиусе, перпендикулярном к плоскому основанию и на расстоянии 3/8 радиуса от него.

Возьмем картонку полукруглой формы (радиусом 8 сантиметров), которая представляет собой плоскую модель основания «ваньки-встаньки», и найдем на ней ее центр тяжести. Убедимся в том, что когда «ванька-встанька» находится в вертикальном положении, то его центр тяжести находится соответственно на высоте 5 сантиметров от поверхности стола.

Если мы теперь начнем нагибать нашу модель в сторону и наконец поставим ее в такое положение, которое соответствует горизонтальному положению «ваньки-встаньки», то заметим, что центр тяжести модели поднялся и находится уже на высоте 8 сантиметров от поверхности стола.

Если мы для сравнения станем наклонять бутылку, то обнаружим, что ее центр тяжести, находящийся примерно в середине широкой части посуды, будет непрерывно опускаться и займет самое низкое положение, когда бутылка будет положена набок.

На бесчисленных примерах легко убедиться, что сила тяжести стремится заставить любой предмет принять такое положение, при котором его центр тяжести занимал бы самое низкое из возможных положений. Так же и в случае с «ванькой-встанькой». Сила тяжести стремится вернуть центр тяжести фигурки в самое низкое положение. А это положение бывает тогда, когда фигурка стоит вертикально.

ЕДИНИЦА ДАВЛЕНИЯ — КИЛОГРАММ НА КВАДРАТНЫЙ САНТИМЕТР

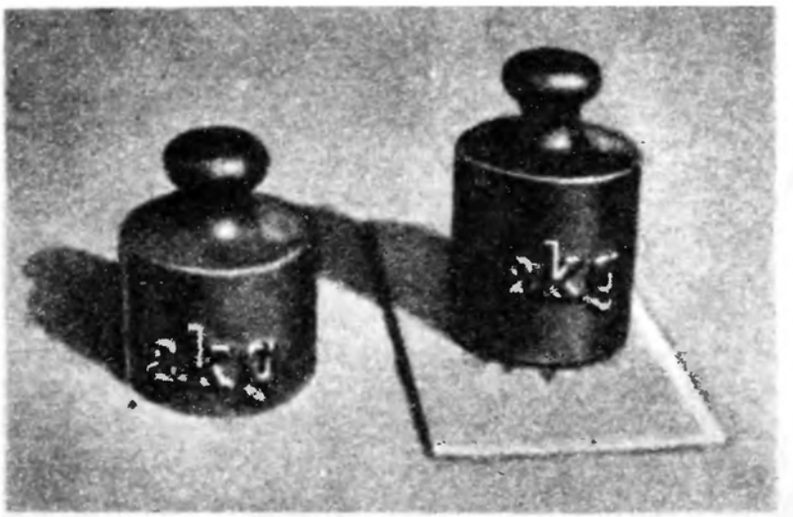
Понятие давления широко известно в технике. Говорят, например, что мост оказывает определенное давление на свои опоры. Газы, с помощью которых производится автогенная сварка и резание металлов, находятся в баллонах под высоким давлением. Это давление может быть измерено с помощью манометра, который обычно ввинчивается в головку стального сосуда.

Попробуем разобраться в том, что же представляет собой давление.

Прежде всего убедимся, что действие, которое тело оказывает на свою подставку, зависит не только от его веса, но и от величины той поверхности, на которую действует этот вес.

Для опыта возьмем 2-килограммовую гирю и небольшую тонкую дощечку или такой же кусок толстого картона.

Сначала поставим нашу гирю просто на хорошо разрыхленную садовую землю, а потом, подняв ее с земли, переставим на положен-





2-килограммовая гиря довольно глубоко вдавливается в мягкую землю. Та же гиря почти совсем не продавливает грунт, если ее поставить на дощечку.

ную рядом дощечку. Сравнив оба отпечатка, мы легко заметим, что действие, которое гиря оказывает на опору, зависит не только от действующей вниз силы, но также и от величины поверхности, на которую эта сила действует. Чем больше эта поверхность, тем меньше испытываемое ею давление, то есть сила, которая действует на единицу поверхности.

2-килограммовая гиря давит на опору с силой, равной 2 килограммам. В первом случае, когда гиря стояла просто на земле, это давление распределялось приблизительно на 36 квадратных сантиметров. Таким образом, на каждый квадратный сантиметр действовала сила, равная 55,6 грамма (проверьте расчет сами). Давление составляет в этом случае 55,6 грамма на квадратный сантиметр.

Во втором случае поверхность дощечки составляла у нас 190 квадратных сантиметров, поэтому давление было всего 10,5 грамма на квадратный сантиметр (проверьте расчеты).

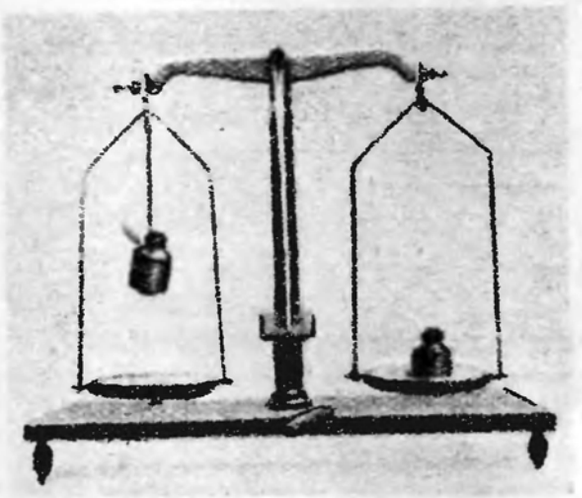
Давление 1 килограмма на 1 квадратный сантиметр называется технической атмосферой (сокращенно *ат*). В нашем случае гиря оказывала давление 0,056 и 0,011 атмосферы.

Обыкновенную иголку диаметром 0,2 миллиметра можно без труда воткнуть в дерево, если произвести на ее головку давление в 1 килограмм. Вы легко рассчитаете сами, что на острие иглы разовьется давление, равное 3 тысячам атмосфер, и иголка легко войдет в любое дерево. Еще большее давление развивает при бритье обыкновенная бритва — оно доходит до 10 тысяч атмосфер.

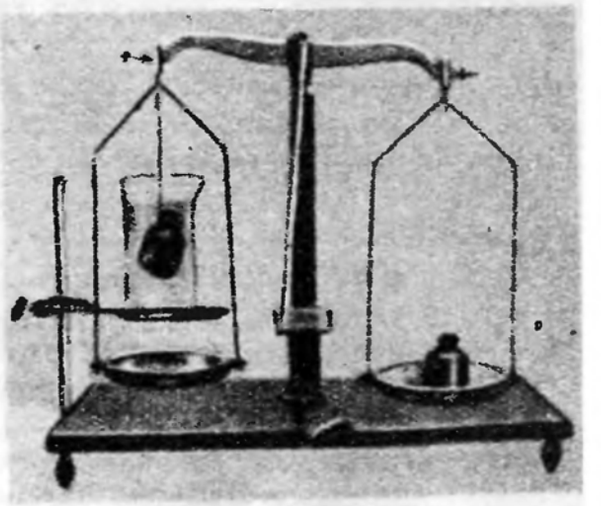
ЗАКОН АРХИМЕДА

Наверно, все еще в детстве замечали, что любое тело, опущенное в воду, кажется легче, чем оно было до этого на воздухе. Например, когда мы наполняем ведро в колодце, то замечаем вес ведра лишь после того, как поднимем его над поверхностью воды. Вода как бы поддерживает погруженное в нее тело.

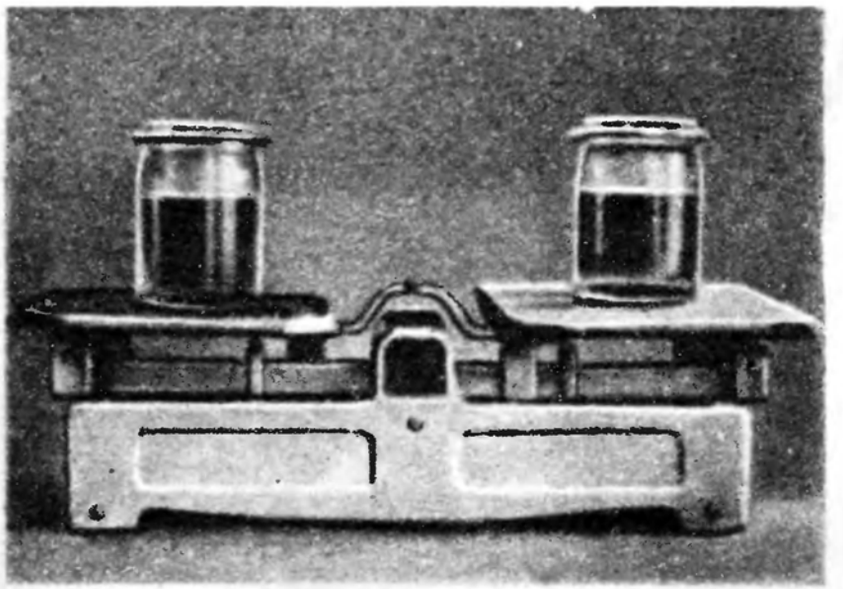
Уменьшение веса тела, плавающего в воде, имеет большое значение как для строительства подводных сооружений, так и для строительства различного рода судов. Опыты, которые мы сейчас проделаем, помогут нам разобраться в этом интересном явлении и сформулировать соответствующий закон.



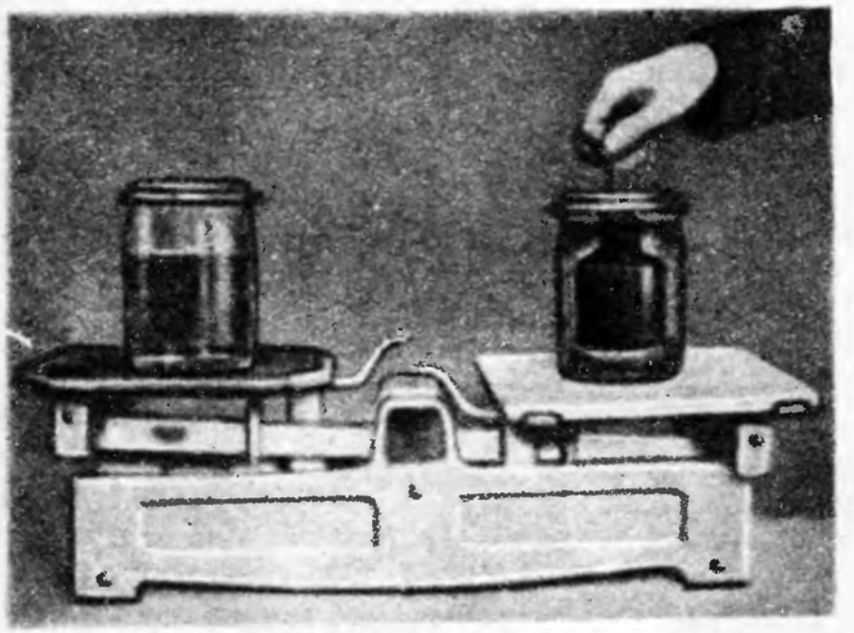
Эти весы уравновешены, потому что на оба плеча коромысла действуют одинаковые силы.



Левое плечо коромысла приподнялось, потому что гиря, опущенная в воду, стала легче.



На обеих чашках весов находится одинаковый вес, поэтому они уравновешены.



Когда в стакан погрузили гирю, правая чашка опустилась.

Во-первых, попробуем установить, на сколько становится легче тело, полностью погруженное в воду. Для этого нам понадобятся точные лабораторные весы, обыкновенные рычажные весы, набор гирь, отдельно две гири по 0,5 килограмма каждая, два стакана, одно блюдце, тонкая, но прочная нить и штатив.

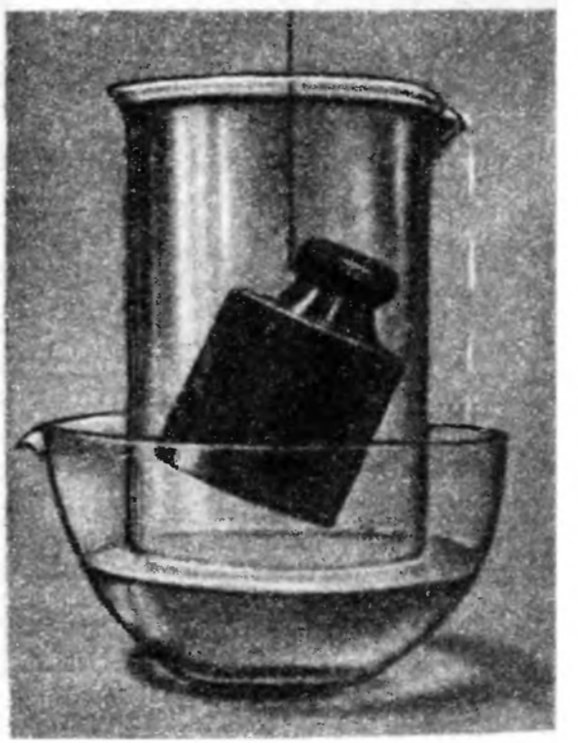
Прежде всего возьмем лабораторные весы и поставим на одну чашку гирю весом 0,5 килограмма. Вторую такую же гирю подвесим за нитку к коромыслу весов над свободной чашкой (см. рису-

нок). Легко заметить, что стрелка весов остается по-прежнему на нуле. Теперь придвинем к весам штатив и опустим висящую гирю в стоящий на нем стакан с водой так, как это показано на рисунке.

Левая чашка весов стала легче, и для того чтобы ее снова уравновесить, на нее нужно положить несколько гирек. Этот опыт доказывает, что погруженное в воду тело становится легче.

Возьмем рычажные весы. На каждую из чашек поставим по одинаковому стакану, в которые налито по равному количеству воды. При этом весы у нас, конечно, останутся в состоянии равновесия. Осторожно опустим в один из стаканов привязанную на ниточке гирю весом 0,5 килограмма. Несмотря на то что делаем мы это очень осторожно и наша гиря не коснулась ни дна, ни стенок стакана, тем не менее стакан наш стал тяжелее, и чашка весов, на которой он стоит, пошла вниз.

Положим на другую чашку весов столько гирек, сколько нужно для того, чтобы весы снова пришли в состояние равновесия. Сравним гири, которые мы клали на весы в первом и во втором случаях (когда выравнивали вес опущенных в воду гирь). Мы увидим, что в обоих случаях уменьшение веса было одинаковым. Небольшая ошибка, которая может здесь произойти, объясняется тем, что этот опыт очень трудно произвести с безупречной точностью. Отсюда мы можем сделать вывод, что жидкость, в которой плавает какое-либо тело, становится тяжелее на такую же самую величину, на какую делается легче погруженное в жидкость тело.



Вода, вытесненная из стакана опущенной в него гирей, собирается и взвешивается.

Попробуем установить, в каком соотношении находится это изменение веса к весу той жидкости, которую вытесняет плавающее тело. Возьмем стакан с водой из только что проделанного нами опыта и поставим его на глубокое блюдце. Дольем в него столько воды, чтобы она поднялась до краев стакана. Если вода хоть чуть-чуть перельется через край стакана, нужно удалить ее капли из блюдца с помощью промокательной бумаги.

Затем ту же гирю, весом 0,5 килограмма, опустим на нитке в стакан с водой. Взвесим воду, которая вылилась при этом из стакана в блюдце.

Убеждаемся, что вес этой воды равен тому весу, который мы должны были дополнительно класть на чашки весов в двух предыдущих опытах.

Таким образом мы установили, что вытесненная телом вода весит ровно столько, сколько потеряло в своем весе вытеснившее ее тело, и прибавила в своем весе жидкость, в которую это тело опущено.

Проделанные нами опыты наглядно показали, что любое погруженное в воду тело делается легче, чем оно было на воздухе. Поэтому, например, поднять камень под водой гораздо легче, чем в воздухе.

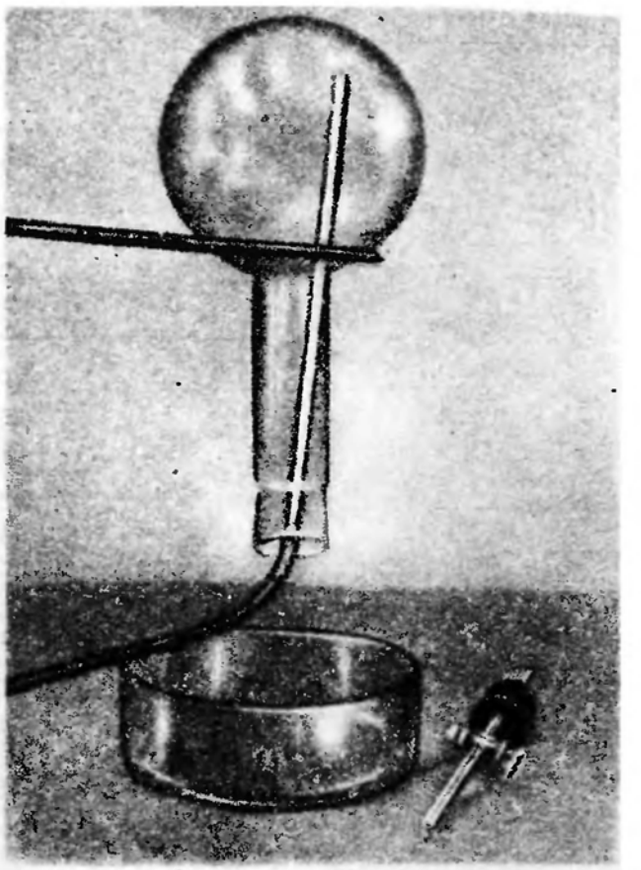
Тело, погруженное в воду, поддерживается водой. Само тело становится на столько легче, сколько весила вытесненная им вода. Когда тело плавает, вес вытесненной им воды в точности равен весу самого тела. Эти законы были открыты еще за три столетия до нашей эры великим физиком и математиком древности Архимедом.

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ВОЗДУХА

Воздух является веществом, а поэтому также имеет вес. Конечно, он гораздо легче, чем все твердые и жидкие вещества. Тем не менее вес воздуха мы, не подумав, часто значительно преуменьшаем.

Попробуем взвесить 1 литр воздуха. Для этого нам понадобится довольно сложное оборудование: толстостенная круглая колба объемом 2—3 литра, хорошо пригнанная к ней резиновая пробка с продетой сквозь нее стеклянной трубкой, имеющей на наружном конце стеклянный кран, вторая колба и такая же пробка с продетой через нее стеклянной трубкой, резиновый шланг и стеклянная трубка, бунзеновская горелка или электрическая плитка, штатив, весы, набор гирек (с разновесами до 0,1 грамма) и мензурка.

Возьмем круглую колбу и установим ее на штативе так, чтобы горлышко ее было обращено вниз. Подведем к ней снизу стекля-



Пар вытесняет из колбы воздух.

ную трубку с присоединенным к ней шлангом. Через этот шланг начнем наполнять колбу паром, который будет получаться в колбе с водой, установленной над бунзеновской горелкой. Стеклянная трубка, через которую мы подаем пар, должна быть глубоко вставлена в колбу — так, чтобы ее срез почти касался дна колбы.

Через короткое время весь воздух будет вытеснен из колбы водяным паром. Теперь быстро вынем стеклянную трубку и плотно заткнем колбу пробкой. Кран на стеклянной трубке, продетой через пробку, должен быть закрыт (см. рисунок).

После того как колба остынет, взвесим ее. Сделать это нужно по возможности точно — до 0,1 грамма. После того как мы записали вес колбы, откроем кран. Воздух моментально заполнит колбу. Взвесим ее еще раз. Записав результат, вынем пробку и нальем в колбу воды столько, чтобы ее поверхность дошла точно до того места, где находился нижний край пробки. Измерим объем использованной нами воды. Для этого достаточно перелить ее в мензурку или взвесить.

Теперь разберемся в том, что мы проделали. После того как колба была закрыта, в ней оставался только водяной пар — воздуха там больше не было. Когда колба остыла, большая часть пара скон-

денсировалась в воду, так что в колбе возник сильный вакуум. Разница в весе при двух первых измерениях и показывает нам вес того количества воздуха, который заполнил колбу после того, как мы открыли кран. Так как мы уже измерили объем колбы, то, имея все эти данные, теперь без труда вычислим вес литра воздуха.

Вес воздуха зависит от температуры. При плюс 15 градусах Цельсия 1 литр воздуха весит примерно 1,2 грамма. Это значит, что он имеет массу примерно 1,2 грамма. Удельный вес воздуха составляет, таким образом, 0,0012 грамма на кубический сантиметр.

А сколько весит воздух, находящийся в нашей комнате? Например, если мы примем размеры комнаты 4 метра длины, 4 метра ширины и 3 метра высоты, то ее внутренний объем составит 48 кубических метров, или 48 тысяч литров. Вес заключенного в комнате воздуха будет

$$1{,}2 \times 48\,000 = 57{,}6 \text{ кг}.$$

Значит, воздух в комнате указанной величины весит примерно 57,6 килограмма силы и имеет массу 57,6 килограмма массы. Человеку, никогда не задумывавшемуся над этим, столь значительный вес воздуха, содержащегося в небольшой комнате, покажется совершенно невероятным, но тем не менее это так.

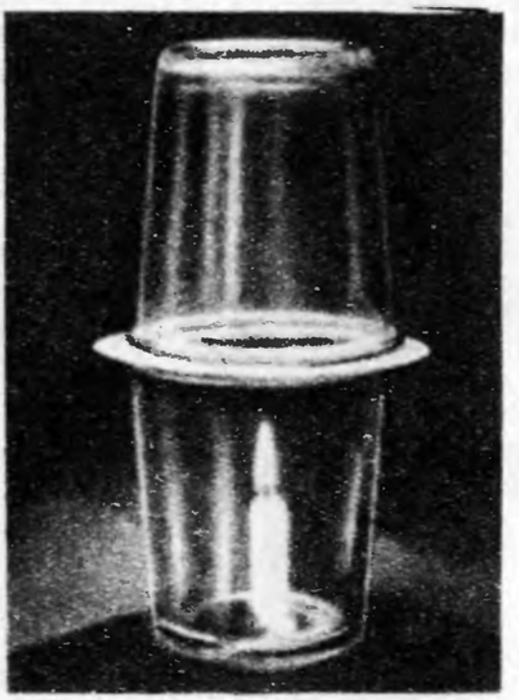
МАГДЕБУРГСКИЕ ПОЛУШАРИЯ

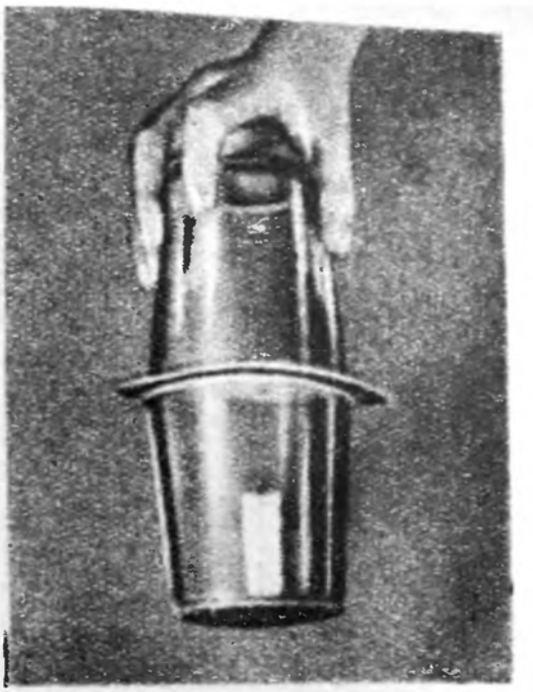
В 1654 году магдебургский бургомистр и физик Отто фон Герике показал на рейхстаге в Регенсбурге один опыт, который теперь во всем мире называют опытом с магдебургскими полушариями.

С помощью изобретенного им воздушного насоса Герике выкачал почти весь воздух, содержавшийся в плотно сложенных медных полушариях, имевших диаметр около 1 метра. Для того чтобы оторвать полушария одно от другого, в каждое из них пришлось запрячь по восьми сильных лошадей. Шестнадцать лошадей должны были напрячь все свои силы для того, чтобы преодолеть давление воздуха на внешние стороны полушария. Это давление составляло примерно 7 тысяч килограммов. Этим наглядным опытом Отто Герике убедительно показал, что воздух также представляет собой вещество, которое способно оказывать мощное давление.

С помощью простых средств мы можем повторить этот опыт и даже сделать его еще более наглядным. Для этого понадобятся два стакана, огарок свечи, немного газетной бумаги и ножницы. Поставим зажженный огарок свечи в один из стаканов. Вырежем из нескольких слоев газетной бумаги, положенных один на другой, круг

Вскоре после того, как мы поставили на стакан со свечой другой стакан, пламя гаснет.





Нижний стакан как бы приклеился к верхнему.

диаметром немного больше, чем внешний край стакана. Затем вырежем середину круга таким образом, чтобы бóльшая часть отверстия стакана оставалась открытой. Смочив бумагу водой, мы получим эластичную прокладку, которую и положим на верхний край первого стакана.

Осторожно поставим на эту прокладку перевернутый второй стакан и прижмем его к бумаге так, чтобы внутреннее пространство обоих стаканов оказалось изолированным от внешнего воздуха. Свечка наша вскоре потухнет. Теперь, взявшись рукой за верхний стакан, поднимем его. Мы заметим, что нижний стакан как бы прилип к верхнему и поднялся вместе с ним.

Почему это произошло?

Огонь нагрел воздух, содержавшийся в нижнем стакане, а, как мы уже знаем, нагретый воздух расширяется и становится легче, поэтому часть его вышла из стакана.

Когда мы медленно приближали к первому стакану второй, часть содержавшегося в нем воздуха также успела нагреться и вышла наружу. Значит, когда оба стакана были плотно придавлены один к другому, в них было меньше воздуха, чем до начала опыта. Свеча потухла, как только был израсходован весь содержавшийся в обоих стаканах кислород.

После того как оставшиеся внутри стакана газы остыли, там возникло разреженное пространство. А воздушное давление снаружи осталось неизменным, поэтому оно плотно придавило стаканы один к другому, и когда мы подняли верхний из них, то и нижний поднялся вместе с ним. Стаканы были бы еще гораздо сильнее прижаты друг к другу, если бы нам удалось создать внутри них совершенно пустое пространство.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

МЕХАНИКА

Сила и движение 5
Маленькие тайны 6
Рычаг 8
Сила упругости 9
Инерция 10
Действие и противодействие 11
О падающих телах 12
Маятник 13
Знаменитый опыт с маятником 14
Волчок 16

ЖИДКОСТИ

Сообщающиеся сосуды 18
Шесть избыточных атмосфер 19
Плавание тел 20
Игра с лимонадом 22
Вода из водопроводного крана 23
Чернильная клякса 25
Игра спичек 27

ГАЗЫ

Действительно ли пуст стакан? 28
Выдувание яйца 29
Барометр 30
Перевернутый стакан 32
Бюретка 33
Пространство, из которого выкачан воздух 34
Пространство с сильно разреженным воздухом 35
Испытание силы воздушного давления 37

УЧЕНИЕ О ПОТОКАХ

Всасывающее действие воздушного потока 38
Кольцо дыма 39
Обтекаемые тела в водном потоке 40

УЧЕНИЕ О ТЕПЛОТЕ

Расширение под действием теплоты 42
Разрушительное действие льда 43
Пар 44
Охлаждающие смеси 45
Лед под давлением 46
Одеколон охлаждает 48
Туман в бутылке лимонада . . . . . —
Передача тепла 50
Сквозняк 51
Теплота и движение 53

ЗВУК

Колебания и звук 55
Волны на веревке 56
Игра на берегу 58
Эхо 60
Почтовая открытка создает музыку 62
Звучащая крышка стола 63

Жирное пятно 65
Опыт с солнечным лучом 66
Зеркальное изображение 67
Толщина зеркала 68
Между двумя зеркалами 70
Зеркальные изображения, в которых стороны не перепутаны 72
Сферические зеркала 73
Преломленный свет 75
Оптический фокус у линз и сферических зеркал 77
Действительные изображения 78
Диафрагма в объективе фотоаппарата 80
Разложение луча в цветной спектр 82
Синий и желтый дают белый 84
Цветной круг 85
Искусственные диффракционные решетки 86
Пылинки в солнечном луче 87
Свет плюс свет дает темноту 89
Волшебная щель 90
Ресницы как решетка, отклоняющая свет . . . . . —
«Живые» картинки 91
Ближняя и дальняя точки 93
Глазная линза с переменным фокусным расстоянием . . 94
Стекла для очков 96
Зрачок 98
Палец прыгает 100
Театральный бинокль в качестве стереоскопа 101
Слепое пятно 103
В поле зрения — плавающие частицы 104
Цветные вторичные картинки 106
Синие тени 107
Цветная пластика 108
«Ночью все кошки серы» . . . . . —

ОПЫТЫ ИЗ РАЗНЫХ РАЗДЕЛОВ ФИЗИКИ

Магнитные силовые линии становятся видимыми 111
Магнитные силы у нас дома 112
Северный полюс магнита можно сделать южным и наоборот 114

Электрические искры 116
Пепел, заряженный электричеством 117
Вращательное движение как следствие электрических сил 119
Электрическое поле и водяной фонтан 120
Бумага для определения полярности 122
Воздух делается видимым 124
Измерение длины волны света 125
Диффракция света 127
Отражение на сетчатой оболочке глаза 128
Оптические обманы 130
Вращающаяся черно-белая шайба 132
Холодная вода кипит 134
Килограмм силы и килограмм массы 135
Какую мощность может развить человек 138
Удельный вес стали 139
Удельный вес пробки 141
Центр тяжести и линия тяжести 142
Принцип «ваньки-встаньки» 144
Единица давления — килограмм на квадратный сантиметр 145
Закон Архимеда 147
Удельный вес воздуха 150
Магдебургские полушария 152

ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Герхардт Низе

ИГРЫ И НАУЧНЫЕ РАЗВЛЕЧЕНИЯ

*

Титул и обложка В. Добера.

Использованы иллюстрации немецкого издания

* * * * * * * * *

Ответственный редактор Г. В. Левенштейн.
Художественный редактор Н. И. Комарова.
Технический редактор Н. А. Молоканова.
Корректоры
Е. И. Вильтер и Г. П. Якушина.

* * *

Сдано в набор 24/VIII 1957 г. Подписано к печати 21/XII 1957 г. Формат 65×92¹/₁₆—10 печ. л. = 10,83 усл. печ. л. (8,73 уч.-изд. л.). Тираж 100 000 экз.
Цена 3 р. 60 к.
Детгиз. Москва, М. Черкасский пер., 1.

Фабрика детской книги Детгиза.
Москва. Сущевский вал. 49. Заказ № 2840.

В 1957 ГОДУ В ДЕТГИЗЕ ВЫШЛИ В СВЕТ СЛЕДУЮЩИЕ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ КНИГИ:

М. Ивановский — Законы движения

Г. Анфилов — Что такое полупроводник

Б. Смагин — Атом работает

М. Рейнберг — Думающие машины

А. Штейнгауз — Завод без людей

И. Воротников — Конструкторская смекалка

Эти книги вы можете получить в своей школьной и местных библиотеках.