

Б. ДОНАТ · ФИЗИКА В ИГРАХ

Б. ДОНАТ

ФИЗИКА



В ИГРАХ



ДЕТИЗДАТ ЦДР В.АКСМ

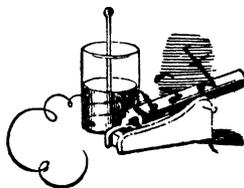
1987

Б. ДОНАТ

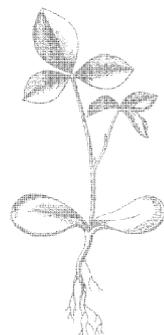
ФИЗИКА В ИГРАХ

ПЕРЕВОД С НЕМЕЦКОГО

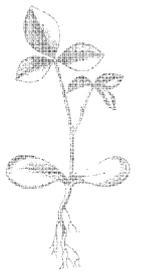
Переработал
А. АБРАМОВ



**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ
ВСЕСОЮЗНОГО ЛЕНИНСКОГО КОММУНИСТИЧЕСКОГО СОЮЗА МОЛОДЕЖИ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДЕТСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1937 ЛЕНИНГРАД**



Scan AAW



Scan AAW

ПРЕДИСЛОВИЕ

Великое социалистическое строительство, развернувшееся в нашей стране, и огромный рост технической вооруженности Советского союза оказывают большое влияние на подрастающее поколение. Наши дети глубоко интересуются техникой. Они сооружают разнообразнейшие модели самолетов, кораблей, паровых, электрических и других машин.

В основе техники лежат явления физики. Физика представляет обширнейшее поле и для детской самодеятельности. Но как раз в этой области до сих пор наблюдался зияющий пробел: не было ни одной книжки, описывающей опыты по физике на самодельных приборах.

Предлагаемая юным читателям «Физика в играх» призвана отчасти заполнить отмеченный пробел. Это не учебник физики. Б. Донат ставит себе задачей не столько научить физике, сколько увлечь этой интереснейшей наукой. Наиболее подходящим средством для этого он считает занимательный физический опыт, почти фокус, которым экспериментатор может развлекать и поражать своих товарищей.

В Германии, где книга впервые появилась более тридцати лет назад, молодежь встретила ее с большим интересом. Книга несколько раз переиздавалась. Появились ее переводы на другие языки, в том числе и на русский.

Но со времени последнего русского издания прошло уже более двадцати лет, и книга даже на полках библиотек стала большой редкостью. Поэтому Детское издательство предприняло ее новое издание.

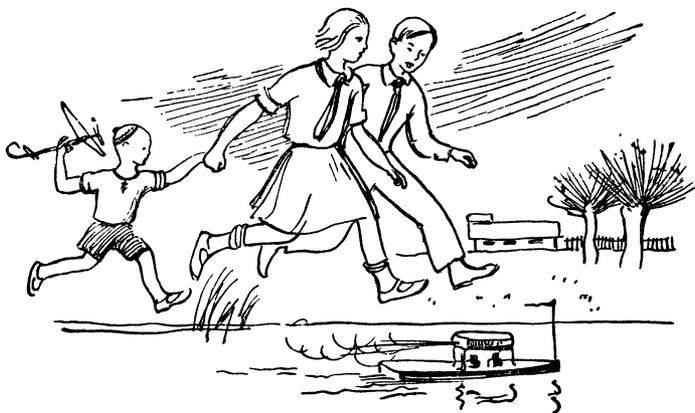
В основу настоящего издания положен текст немецкого издания 1922 года. Он был переработан А. Абрамовым в сторону упрощения языка и большей ясности изложения. Кроме того, А. Абрамов заменил некоторые устаревшие конструкции новыми (змея, монгольфьер, «чортова петля», электромотор и др.). Все рисунки были заново перерисованы, с целью придать им большую четкость и выразительность.

Можно надеяться, что новое русское издание «Физика в играх» Б. Доната принесет некоторую пользу юным читателям-экспериментаторам.

О. Дрожжин.



Scan AAW



Глава первая

ОПЫТЫ ПО МЕХАНИКЕ

Рубль на листке бумаги. Положите на край стола открытку так, чтобы две трети ее выступали, а на открытку у самого края поставьте на ребро серебряный рубль или пятак (рис. 1). Конечно, это место стола не должно быть покрыто скатертью, и стол должен быть ровный, а то монета будет падать или скатываться. Возьмите затем линейку или какую-нибудь палочку и быстро ударьте по свешивающемуся концу открытки. Если удар будет сильный и быстрый, рубль не шелохнется, а открытка вылетит из-под него и упадет на пол.

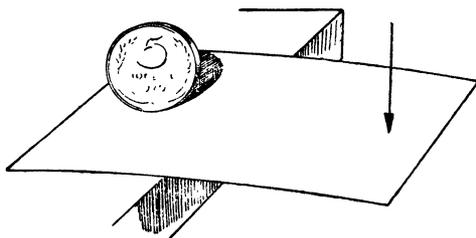


Рис. 1.

В этом опыте проявляется действие инерции. Всякое тело, находящееся в покое, само по себе не может прийти в движение: оно могло бы вечно лежать или висеть неподвижно. Поэтому говорят, что всякое покоящееся тело стремится вечно сохранять состояние покоя. Это свойство тел и называют инерцией.

В нашем опыте монета находится в покое. Удар по открытке приводит открытку в быстрое движение. Но связь между открыткой и монетой (в виде трения) так незначительна, что за короткое время удара движение открытки не может передаться монете, которая стремится сохранять состояние покоя.

Шар на шнурке. Если повесить (рис. 2) шар или гирию на очень тонком шнурке *A*, а снизу укрепить другой такой же шнурок *B* и медленно потянуть его вниз, то оборвется верхний шнурок, на котором висит шар. Это понятно: к верхнему шнурку приложены и тяга руки и вес шара. Но можно при желании разорвать не верхний шнурок, а нижний. Если, немного приподняв конец нижнего шнурка, затем быстро и сильно дернуть его вниз, то оборвется именно он, а не верхний. Почему это произойдет? Чтобы сообщить шару большую скорость в короткое время, нужна сила, больше той, какую способен выдержать нижний шнурок. Шар вследствие инерции не успевает сдвинуться с места или сдвигается на такое маленькое расстояние, что верхний шнурок только чуть вытягивается и не успевает порваться. Итак, быстро дергая или медленно натягивая, мы можем по желанию обрывать верхний или нижний шнурки.

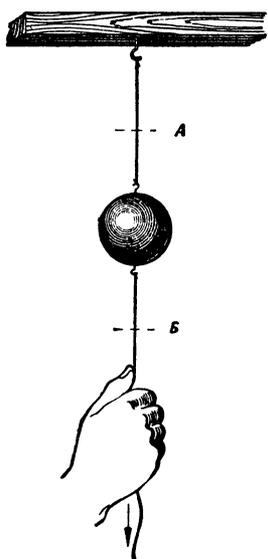


Рис. 2.

Как сломать палку, висящую на петлях из папиросной бумаги. Еще интереснее следующий опыт.

Достаньте тонкую сухую палочку длинной, примерно, в один метр. Склейте две петли из полосок папиросной бумаги и попросите двух товарищей поддерживать по столовому ножу лезвиями вверх, так чтобы на них можно было повесить бумажные петли. В эти петли вложите концы палки (рис. 3).

Теперь возьмите тяжелую палку и как можно сильнее ударьте по середине висящей палки. Действие получится удивительное: папиросная бумага останется цела, несмотря на то, что она непрочна и висит на лезвиях ножей, а крепкая палка будет сломана. Можно так напрактиковаться, что этот опыт будет удаваться даже с петлями из волоса.

Перелом палки — тоже проявление инерции покоящегося тела. На свойстве инерции основан и следующий старинный цирковой номер.

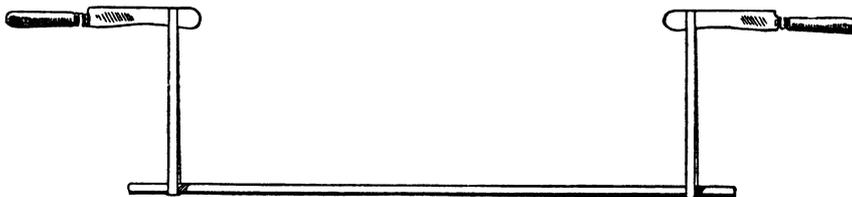


Рис. 3.

Между двумя стульями, опираясь на их спинки только ногами и затылком, лежит человек. На груди его помещается большой кусок железа, который служит наковальней. На наковальне сильными ударами молота разбивают камни. Людям, не знакомым с инерцией, этот номер кажется удивительным.

Каким образом человек без всякого вреда для себя может переносить такие удары? На самом же деле все объясняется очень просто. Наковальня при сильных (но обязательно коротких) ударах молота не успевает прийти в движение и остается в покое. Кроме того, корпус висящего человека пружинит, подстилка под наковальней мягкая, да и камень, положенный на наковальню, тоже ослабляет силу удара. Оказывается, в этом поразительном явлении нет ничего таинственного.

О центробежной силе. Привяжите к шнуру камень и начните вращать его. Чем быстрее вы будете вращать камень, тем сильнее натянется шнурок. Выпустите шнурок из рук, и камень улетит далеко в сторону.

В этом явлении обнаруживается инерция движущегося тела. Если

ударом ноги мы покатаем по земле футбольный мяч, то, пробежав десяток-другой метров, он остановится. Более сильный удар заставит его пробежать большее расстояние. Но шар все же остановится. Если поле будет ровнее, шар пробежит еще дальше. По асфальту шар покатится

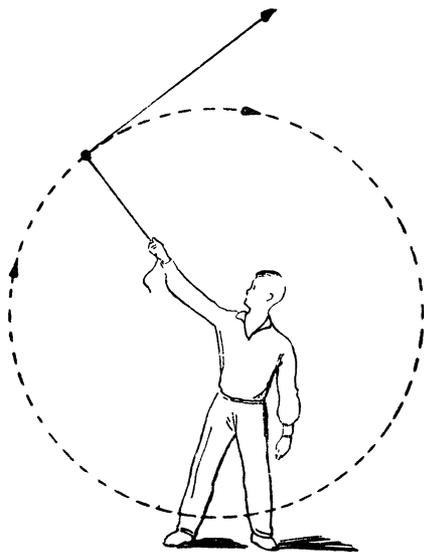


Рис. 4.

Когда мы вращаем камень, привязанный к шнурку, то в каждой точке своего кругового пути он по инерции стремится двигаться по прямой линии, касательной к кругу (рис. 4). Но этому мешает шнурок, постоянно изменяющий направление движения камня. В результате камень через шнурок начинает тянуть нашу руку в сторону. Это действие вращающегося тела называется центробежной силой.

Основываясь на инерции вращающихся тел, мы можем проделать ряд интересных опытов.

Вода не выливается из опрокинутой банки. Сделайте себе маленькое ведро из пустой консервной банки, пробив у ее верхнего края гвоздем две дырки и продев в них ручку из проволоки. К середине ручки при-

бязжите бечевку. Налейте в банку воды на две трети высоты. Взявшись за бечевку и раскачав банку, заставьте ее быстро описывать одну окружность за другой. При каждом обороте банка на одно мгновение, находясь в самой высокой точке своего пути, будет оказываться вверх дном, но ни капли воды из нее в это время не выльется.

Вода в банке, по инерции стремясь уйти от центра вращения, прижимается ко дну и потому не выливается. В том, что вода давит на дно даже тогда, когда банка бывает опрокинутой, нетрудно убедиться, пробив в дне маленькую дырочку. При вращении из нее будет непрерывно бить струя воды, даже тогда, когда банка будет вверх дном.

„Чортова петля“. Иногда в цирке показывают такой интересный номер. На арене устраивают из досок дорожку в виде вертикальной

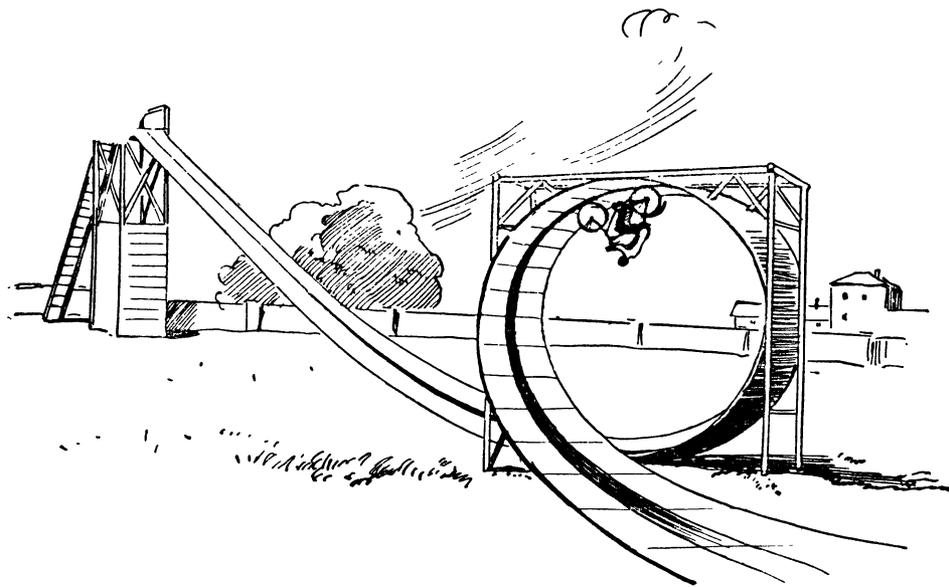


Рис. 5.

петли. По ней сверху вниз спускается велосипедист. Разогнавшись, он проезжает по петле и на мгновение оказывается перевернутым вниз головой (рис. 5). Это кажется очень страшным. На самом деле за вело-

спешдиста можно не опасаться. Его, как и воду во вращающемся ве-
дерке, надежно прижимает к дорожке действие инерции. Такую петлю
ее изобретатель, цирковой артист Нуазет, назвал «чортовой».

Вы можете легко сделать себе игрушечную «чортову петлю». Гото-
вая петля показана на рис. 6, а размеры ее на рис. 7.

Вырежьте из плотной бумаги полосу шириной в 3,5 сантиметра и
длиной в 50 сантиметров и два кружка диаметром в 13 сантиметров.
На полосе проведите карандашом две прямые линии на расстоянии

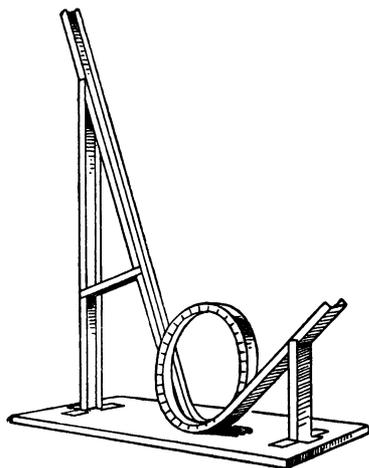


Рис. 6.

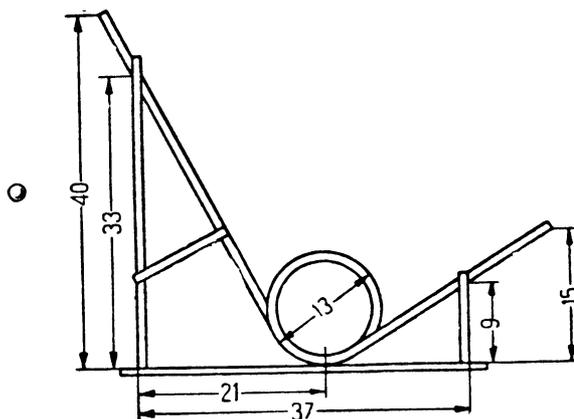


Рис. 7.

1 сантиметра от краев. По этим прямым полосе нужно аккуратно за-
гнуть. Сделать это легче всего так. Наложите на полосу линейку точно
по одной из прямых и подложенным под выступающий край бумаги
ножом проведите вдоль линейки, пригибая край бумаги к ребру ли-
нейки. Этот прием показан на рис. 8, А. Так же сделайте и второй сгиб.
Загнутые сантиметровые края полосы надрежьте ножницами прибли-
зительно через каждые полсантиметра. Теперь смажьте края одного
кружка клеем и, накладывая один за другим зубцы бумажной полосы,
хорошенько приклейте ее к кружку. Клеить надо так, чтобы кружок
оказался внутри петли.

Когда клей подсохнет, вырежьте середину кружка, как раз по кон-

цам зубцов (рис. 8, *Б*). Таким же способом приклейте ко второму кружку другую сторону полоски и также вырежьте его середину. В том месте, где приклеено начало полоски, петлю нужно разрезать. Теперь ее можно так раздвинуть, чтобы она пошла по винтовой линии.

Изготовленная полоска бумаги оказалась длиннее окружности кружка, примерно, на 10 сантиметров. Эту часть полоски нужно тоже закруглить. Вырежьте из бумаги еще один круг, такого же диаметра,

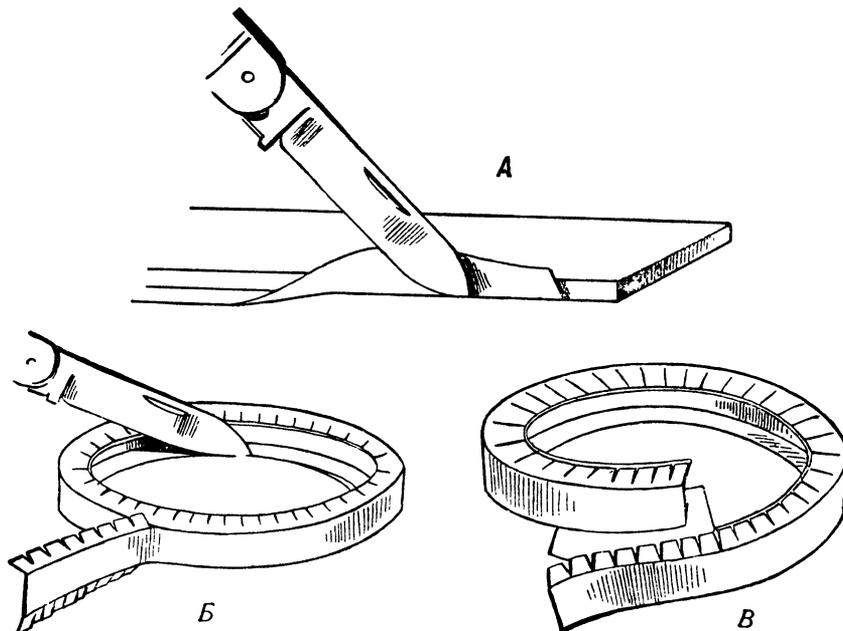


Рис. 8.

как и первые два, разрежьте его на четыре части и вклейте четвертушки в готовую часть петли изнутри. К этой вклеенной части приклейте остаток полоски (рис. 8, *В*) и срежьте все лишнее.

Остается только к концу петли подклеить жолобы. С одной стороны нужно подклеить жолоб длиной в 42 сантиметра, а с другой — в 25 сантиметров. В том месте петли, где получились два жолоба рядом, хорошо склейте их.

Теперь нужно испытать петлю до установки на подставку. Лучше

всего катить в этой петле шарик. Шарик можно подобрать от старого шарикоподшипника. Можно скатать его из черного хлеба или из глины, только поточнее. Поставьте петлю на стол в том положении, в котором она будет закреплена, и попробуйте пустить шарик с конца более высокого жолоба. Он должен быстро пробежать по всей петле и выскочить с короткого конца. Бывает, что шар доходит только до верха петли и оттуда срывается вниз.

Тут может быть несколько причин. Может быть, нужно повернуть петлю, чтобы конец жолоба стал выше; хлебный шарик не пробегает петлю, если он высох и стал очень легким. Конечно, если шарик похож скорее на сливу или на грушу, не ждите хороших результатов. Но, если вы сделали все правильно, петля должна заработать сразу. Испытав петлю, приклейте ее к фанерке и укрепите на бумажных стойках. Стойки не нужно делать деревянными; бумага, согнутая в виде буквы П, отлично держит. Сделайте еще один кусочек жолоба для подкоса, который дополнительно поддерживает длинный жолоб петли.

Опыты с волчком. Кого в детстве не занимал волчок? Это забавная игрушка и в то же время очень интересный физический прибор.

В игрушечных магазинах можно купить тяжелый металлический волчок, укрепленный в металлическом кольце. Он запускается тонким и прочным шнурком. При быстром вращении волчок сохраняет вертикальное положение, если его поставить на один из шариков кольца, и даже оказывает сопротивление, когда его хотят повалить. При замедлении вращения волчок постепенно ложится набок и, наконец, падает.

Быстро вращающийся тяжелый диск волчка заставляет его ось всегда оставаться параллельной первоначальному ее направлению. Поэтому волчок, не падая, передвигается по гладкой поверхности, например, по стеклу, если нажимают палочкой на нижний шарик его. Можно придать волчку такое положение, которое как будто противоречит всем законам тяжести. Волчок может вращаться в наклонном положении, он вертится на конце швейной иглы или, как канатный плясун, удерживается на тонкой нитке. Воткните швейную иглку в пробку бутылки острием вверх и поставьте приведенный во вращение волчок осторожно и точно на острие. Хорошо, если на шарике волчка имеется

маленькое углубление, — оно мешает волчку соскочить с иглы. Если наклонить немного волчок, он опишет круг свободным концом.

Для второго опыта нужно, чтобы в одном из шариков волчка был прорез. Если его нет, сделайте сами тонким напильником. Привяжите нитку к ручке двери или к другому неподвижному предмету, возьмите другой конец в руки и поставьте вращающийся волчок прорезом на нитку. Он будет стоять неподвижно или скользить от одного конца к другому, если вы будете поднимать или опускать нитку (рис. 9, А).

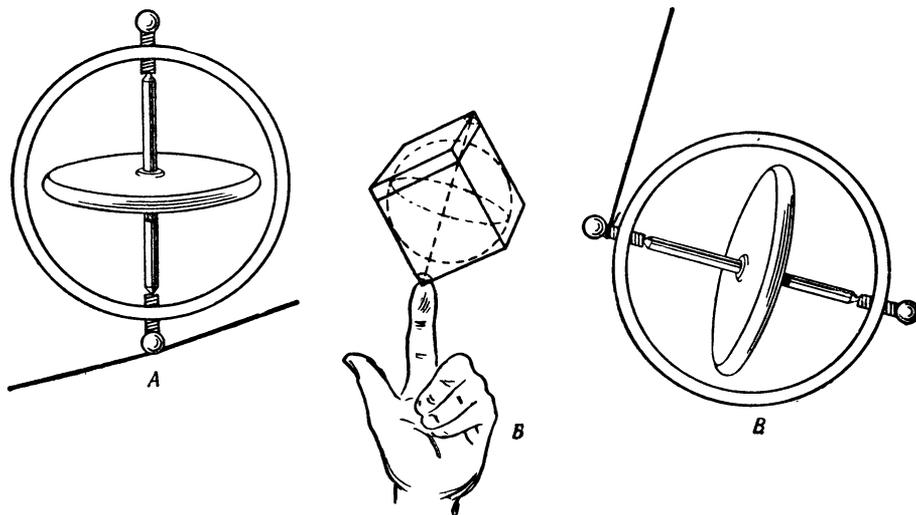


Рис. 9.

Если волчок очень быстро вращается, то нитку можно протянуть на довольно большом расстоянии, — волчок будет ходить через всю комнату.

Запущенный волчок можно спрятать в склеенный из бумаги кубик, тогда зрители не поймут, отчего жужжащий кубик стоит острием на конце пальца (рис. 9, Б).

Замечательный опыт с волчком можно проделать и иначе.

К одному из шариков кольца привяжите прочную нитку. Незапущенный волчок будет, конечно, висеть вертикально, но, как только вы его запустите, он сможет вертеться в том положении, какое вы ему да-

дите, например, как показано на рис. 9, В. Такая устойчивость направления оси вращения применяется во многих случаях. Например, в стволе ружей делают винтовые нарезки, чтобы заставить пулю быстро вращаться вокруг своей оси. Пуля во время полета сохраняет свою ось параллельной тому направлению, которое было у оси при вращении пули в стволе. Поэтому пуля летит всегда острым концом вперед.

В настоящее время волчками в особой подвеске пользуются как компасами. Запущенный волчок сам собою устанавливается так, что один конец его оси направляется на север, а другой — на юг. Конечно, такой волчок-компас нельзя запускать шнурком, а приходится непрерывно вращать электромотором.

О центре тяжести тела. Есть замечательная точка во всех телах: центр тяжести.

Центр тяжести находится у разных предметов в разных местах. Например, в шаре центр тяжести совпадает с геометрическим центром шара. Если шар лежит на горизонтальной плоскости (рис. 10, слева), то центр тяжести его находится как раз над точкой опоры шара на одной вертикали с нею. Шар при этом сам по себе никогда не может покатиться.

Иначе обстоит дело, когда плоскость, на которой лежит шар, наклонна (рис. 10, справа). Центр тяжести не находится уже на одной вертикали с точкой опоры, и шар скатывается.

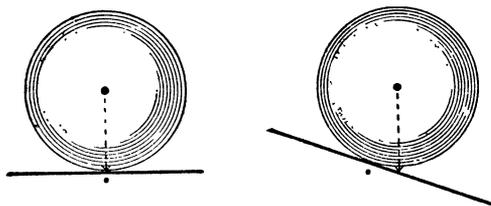


Рис. 10.

Ванька-встанька. Ванька-встанька — старая и очень интересная игрушка. Сделать ее просто. Она может быть различной формы. Мы привыкли угадывать центр тяжести всякого тела и знаем, как поставить тело, чтобы оно не падало. Мы знаем, например, что нельзя поставить бутылку наклонно. «Секрет» ваньки-встаньки в том, что центр тяжести его всегда находится не там, где мы предполагаем. Поэтому ванька-встанька может принимать самые, казалось бы, неестественные положения, всегда возвращаясь к своему положению равновесия.

Маленького ваньку-встаньку можно сделать из кусочка бузины. Вырежьте бузину в форме маленькой бутылочки высотой сантиметра в четыре (рис. 11, слева). Под дно бутылочки приклейте кусочек свинца, опиленный в виде полушария. Свинец можно сначала отрезать ножом, а затем обровнять напильником. Вместо свинца можно взять короткий гвоздь с большой полукруглой шляпкой (такими гвоздями часто прибивают обивку к мебели). Если бузинную бутылочку с тяжелым свинцовым дном окрасить, чтобы свинец, приклеенный снизу, был незаме-

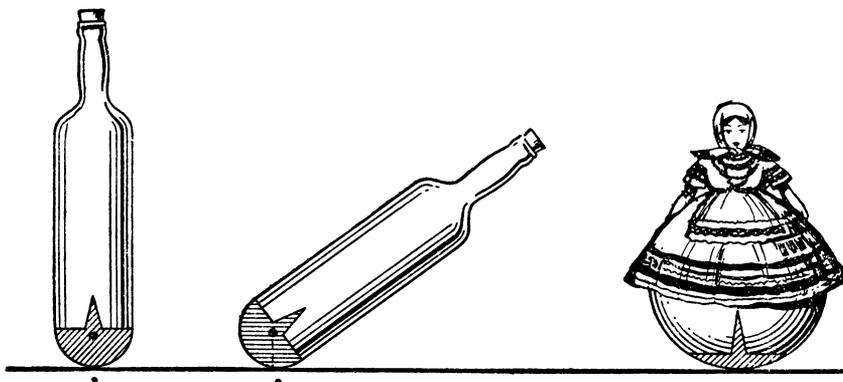


Рис. 11.

тен, — никому и в голову не придет, что центр тяжести ее расположен очень низко. Наша бутылочка, как бы мы ее ни положили, сейчас же примет вертикальное положение. Такое равновесие называется устойчивым.

Очень забавно, если вместо бутылочки сделать маленького человечка и раскрасить его яркими красками. Как бы вы ни наклоняли этого человечка, он, покачавшись из стороны в сторону, в конце концов станет вертикально.

Можно сделать легкий шар и с одной стороны его незаметно вставить грузик, не испортив наружного вида. Тогда центр тяжести окажется уже не в центре шара, и шар будет всегда стремиться лечь на тот бок, в котором заложен груз. Прикрепите к шару легкую куклу (рис. 11, справа), наполовину закрыв шар ее платьем. Получится надежный ванька-встанька.

Опыт с двойным конусом. Аккуратно сделайте из плотной бумаги два конуса с диаметром основания в 6 сантиметров и высотой в 7 сантиметров (рис. 12, *Б*). Потом склейте их основаниями и дайте хорошенько высохнуть. Еще лучше выточить такой двойной конус из дерева. Затем выпилите из фанеры две дощечки длиной по 30 сантиметров и высотой с одной стороны в 2 сантиметра, а с другой — в 4,5

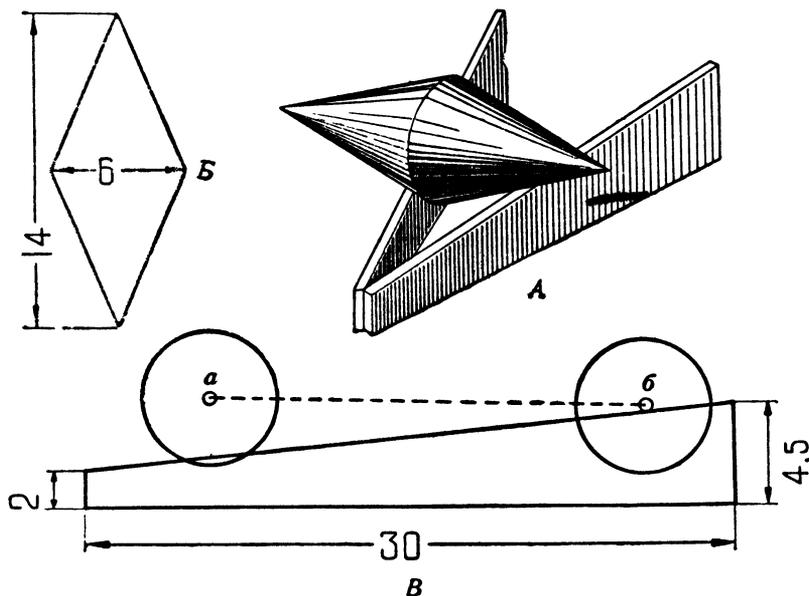


Рис. 12.

сантиметра (рис. 12, *В*). Наклонные ребра дощечек должны быть совершенно ровными и гладкими (их нужно хорошо протереть стеклянной бумагой).

Можно сделать дощечки любых других размеров, например длиннее, но разность высот коротких сторон должна быть обязательно меньше радиуса оснований конусов. У нас радиус основания конусов 3 сантиметра, а разность высот дощечек $4,5 - 2 = 2,5$ сантиметра (меньше радиуса).

Сложите теперь дощечки узкими концами, раздвиньте их другие

Страницы 17 и 18 отсутствуют в этом экземпляре книги.

Темы "Опыт с двойным конусом" и "О давлении воздуха" вставлены в конец книги, они взяты из издания книги 1906 года, найденного в интернете



Страницы 17 и 18 отсутствуют в этом экземпляре книги.

Темы "Опыт с двойным конусом" и "О давлении воздуха" вставлены в конец книги, они взяты из издания книги 1906 года, найденного в интернете



горлом и совершенно чистой и гладкой внутри. Нужны еще две стеклянные трубки длиной по 30 сантиметров. Конец одной из трубок надо запаковать. Колбу и трубки можно приобрести в магазине наглядных школьных пособий.

Налейте полрюмки коллодия в чистую сухую колбу и поворачивайте ее так, чтобы стенки и горлышко колбы покрылись тонким слоем коллодия, а излишек вылейте. Затем через открытую стеклянную трубку дуйте в колбу. Так вы просушите коллодий на стенках. Пленка образуется очень быстро, и ее надо снять, прежде чем она совершенно высохнет. Отделите коллодий у конца горлышка бутылки. Затем осторожно отделите пленку коллодия по всей длине горлышка колбы. Далее, наденьте ее на стеклянную трубку и привяжите к ней мягким шнурком. Высасывая теперь воздух из этой трубки, можно мало-помалу отделить всю пленку от стенок колбы. При этом трубка с запаянным концом может помогать отделению пленки от стенок.

Сморщенный шар, вытасченный из колбы, надуйте и окончательно просушите. Края отверстия шара обыкновенно получаются покрытыми толстым слоем коллодия. Чтобы шар был легче, подрежьте их ножницами. Наполнить шар газом очень легко. Положите его на стол, выдавите руками весь воздух и наденьте шар на отверстие газовой горелки. Затем привяжите шар мягкими нитками и откройте газ. Когда шар наполнится газом, снимите его, потуже затяните нитку, которой он был привязан к горелке. Вот и все. Большой легкий шар очень легко поднимается.

Монгольфьер. Нетрудно построить самому и монгольфьер из папиросной бумаги. Шар-монгольфьер склеивается из полосок папиросной бумаги, заостренных с обеих сторон. На рис. 13 показана выкройка одной части шара-монгольфьера, диаметром в 1,5 метра.

Прежде всего пропорционально увеличьте все размеры нашего рисунка до желательной величины и вырежьте из тонкого картона или плотной бумаги шаблон. Чтобы шаблон был правильным, лучше всего сложить его вдвое вдоль по длине и проверить, получились ли одинаковыми обе стороны его. Теперь заготовьте полоски папиросной бумаги. Полоски должны быть длиной в 2 метра 40 сантиметров, но бумаги та-

гой длины достать нельзя; поэтому придется склеивать полоски из нескольких листов. Чтобы шар получился красивым, можно взять бумагу разных цветов.

Для нашего шара нужно 12 полосок бумаги. Вырежьте все полоски точно по шаблону и тогда беритесь за их склейку. Склеивать шар одному неудобно, придется обратиться к товарищам за помощью. Когда будете вырезать полоски из папиросной бумаги, не забудьте оставить

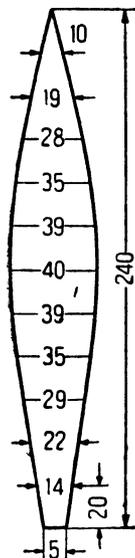


Рис. 13.

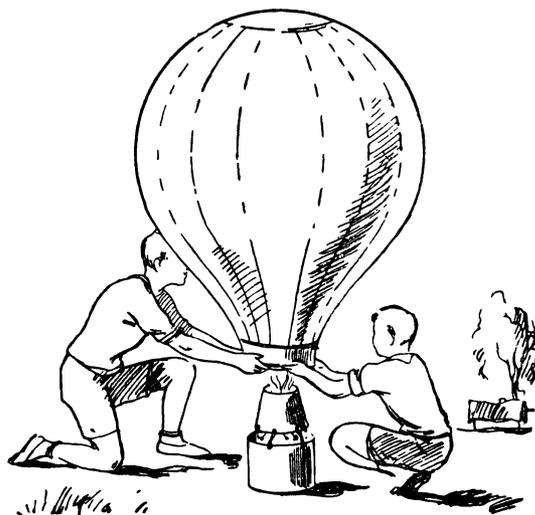


Рис. 14.

со всех сторон добавочные кромки шириной по полсантиметра. Эти кромки уйдут на швы при склеивании полосок. Швы надо склеивать постепенно, пользуясь крахмальным клейстером.

Сначала склейте полоски по две: получится нечто вроде шести лодочек. Затем лодочки склеиваются по две, и, наконец, остается сделать только один последний шов. Это самое трудное дело. Когда справитесь и с этой работой, оклейте шар снизу кольцом из бумаги шириной в 4—5 сантиметров. Папиросная бумага для кольца должна быть сложена вдвое по длине так, чтобы конец шара из папиросной бумаги оказался оклеенным кольцом с обеих сторон. Это кольцо нужно для

устойчивости монгольфьера в полете, и, кроме того, оно делает монгольфьер более прочным.

Сверху монгольфьера наклейте шляпку из папиросной бумаги — кружок — диаметром в 10—13 сантиметров. При склейке шара, как бы аккуратно вы ни старались это сделать, на макушке его все же останутся несколько щелей, которые нужно покрыть шляпкой.

Готовый шар просушите на примусе и во время просушки заклейте маленькими заплатками мелкие дырочки, которые могли получиться при склейке. Просушку надо обязательно проводить в помещении, так как порыв ветра может испортить всю работу.

Пускать шар нужно в тихую погоду, иначе его трудно наполнить горячим воздухом, а небольшой порыв ветра может раздуть пламя и поджечь монгольфьер.

Разведите во дворе небольшой костер из бумаги и стружек, облитых керосином. Костер лучше всего разводить в старом ведре, а над ведром поместить большую опрокинутую воронку. Воронка направит горячий воздух в отверстие. Два-три человека пусть держат шар за нижнее кольцо над костром, а двое во время наполнения должны поддерживать его с боков.

Когда шар наполнится горячим воздухом, его нужно держать только за кольцо (рис. 14). В тот момент, когда почувствуется легкая тяга шара вверх, его можно отпустить всем сразу по команде; если кто-нибудь замешкается, шар может пойти боком и потерять при этом горячий воздух.

Если сделать шар из цветной папиросной бумаги и расписать его яркими красками, — это будет очень красивое зрелище. Такие шары можно пускать на различных авиационных праздниках.

Опыты с барометром. Как бы сильно облака ни закрывали от воздухоплавателя землю, он может в любой момент довольно точно определить, на какой высоте он находится над поверхностью земли. Выспросите, каким образом это возможно?

Определение высоты производится при помощи прибора, называемого барометром. Простейший барометр — это запаянная с одного конца и открытая с другого стеклянная трубка, длиной около метра, на-

полненная ртутью и опрокинутая в чашечку с ртутью. В трубке ртуть опускается, и над ней образуется пустота. Ртуть, конечно, не выливается из трубки, потому что ее удерживает давление воздуха на ртуть в чашечке, и от величины этого давления зависит высота ртутного столба.

Давление в каком-либо месте зависит от высоты находящегося над ним столба воздуха. Когда воздухоплаватель поднимается в верхние слои атмосферы, то давление там становится меньше, чем было внизу, и поэтому ртуть в барометре будет опускаться, и тем ниже, чем выше поднимется воздухоплаватель. Если нанести на трубку ртутного барометра деления, соответствующие высоте, то по положению уровня ртути можно измерять высоту подъема. Однако, ртутные барометры неудобны для полетов. Вместо них применяются обычно металлические, так называемые барометры-анероиды. Если вам удастся достать барометр-анероид, то с ним можно будет проделать интересный опыт.

Прибор этот так чувствителен, что не нужно непременно высоко подниматься, чтобы заметить изменения его показаний. Выйдите во двор, держа его прямо перед собой, слегка ударьте по нему пальцем, чтобы облегчить перемещение стрелки, и, заметив показание стрелки, взойдите на второй этаж дома. Здесь опять слегка стукните пальцем по анероиду, и вы сразу заметите, что стрелка отойдет назад. Когда вы подниметесь на четвертый или пятый этаж, положение стрелки переменится уже довольно значительно. Но сколько бы вы ни ходили по комнатам одного какого-нибудь этажа, не изменяя высоту, — стрелка будет оставаться неподвижной.

Воздушный змей. Все вы знакомы с обыкновенным воздушным змеем и, может быть, даже сами запускали его.

Змей всегда запускается против ветра. Вы быстро бежите, и змей поднимается в воздух. Чем сильнее ветер, тем медленнее можно бежать. При сильном ветре змей можно запустить, стоя на одном месте. Время от времени слегка отпуская нитку, можно добиться того, что змей будет подниматься еще выше. Змей летает потому, что его плоскость имеет наклон, и ветер, напирая снизу, поднимает его вверх. Чем сильнее дует ветер, тем сильнее он нажимает на змей и тем лучше поднимает

его. При слабом ветре давление недостаточно, и запускающему придется бежать, чтобы увеличить давление.

Самый простой змей — это квадратный кусок тонкой бумаги, натянутый на легкий каркас из дранок. С одной стороны к квадрату приязан длинный хвост, чтобы удерживать змей всегда в наклонном положении. Хвост змея, кроме того, поддерживает устойчивость его в полете, не дает ему кувыркаться. Снизу к раме привязываются нитки, на которых запускается змей.

Существуют конструкции змеев и совсем иного типа.

Хорошо поднимается, например, коробчатый змей системы Поттера (рис. 15).

Две коробки, имеющие в сечении вид ромба, соединены продольными рейками. К тупым углам ромба привязаны нитки; на них запускается змей. Этот змей очень хорошо летает даже при тихой погоде и очень устойчив в воздухе.

Для изготовления его приготовьте 4 сосновые рейки длиной в 1 метр, сечением 8×4 миллиметра, две рейки длиной по 87,5 сантиметра такого же сечения и две рейки длиной по 50 сантиметров такого же сечения. Рейки длиной по 87,5 и 50 сантиметров свяжите в два креста и к концам их привяжите концы длинных реек. Рейки должны быть из очень сухой и прямослойной сосны, без сучков.

Теперь обтяните каркас полосками материи шириной в 25 сантиметров, как показано на рис. 15. Материя нужна легкая, но плотная; очень хорошо тонкое полотно. Материю приколотите мелкими гвоздиками и слегка натяните. Только не натягивайте очень сильно, иначе остов перекосятся. Концы полосок материи сшейте. Если не найдете материи такой длины, чтобы ее хватило на весь каркас, можно сшить

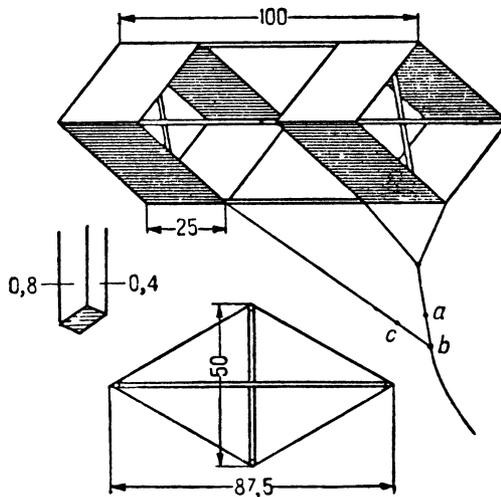


Рис. 15.

ее из отдельных кусочков. Но сделайте это так, чтобы швы пришлись как раз на рейки. Если сумеете достать авиационный лак — эмалит — очень хорошо покрыть им материю.

Затем нужно сделать так называемую путлю — шнурки, к которым привязывается леер — бечевка, служащая для запуска змея. Концы тонкой бечевки длиной в 1 метр прикрепите к самому концу рейки, привязанной к тупому углу ромба. Это будет у нас передняя сторона змея. Второй конец этой бечевки привяжите на расстоянии 25 сантиметров от заднего конца змея, как раз там, где кончается обтяжка материи. Еще один конец второй бечевки прикрепите у конца обтяжки передней стороны каркаса. Второй конец этой бечевки привяжите к середине петли, получившейся из первой бечевки. Теперь можно привязать леер. Место укрепления леера зависит от того, при какой силе ветра запускается змей. При сильном ветре леер привязывается ближе к месту соединения двух бечевок, а чем ветер слабее, тем дальше. Буквой *a* показано у нас место крепления леера при сильном ветре, буквой *b* — при среднем и буквой *c* — при слабом.

Для того чтобы сделать змей прочным, можно изготовить еще две рейки длиной по 87,5 и 50 сантиметров, связать их крестом и укрепить внутри каркаса в том месте, где привязан конец первой бечевки.

Летающий винт. Когда мы запускаем змей, он стоит на месте, а движется ветер, нажимает на наклонную плоскость змея и поддерживает его.

Но можно заставить аппарат двигаться и летать в неподвижном воздухе. Мы уже видели, что если, например, бежать со змеем в неподвижном воздухе, то, двигаясь, он набирает высоту. Этого же можно достигнуть иным способом.

Пропеллер самолета представляет собой в сущности очень короткий винт с весьма глубокой нарезкой. Быстро вращающийся пропеллер ввинчивается в воздух и тянет за собой самолет.

Но можно сделать винт отдельно и заставить его быстро вращаться и летать. Возьмите катушку от ниток и прибейте ее гвоздиком к какой-нибудь рукоятке так, чтобы она легко вертелась на этом гвоздике. Если шляпка гвоздика небольшая и катушка соскакивает с него, под-

ложите под шляпку кусочек жести. Сверху в катушку вбейте два тонких гвоздика, уже без шляпок, как показано на рис. 16, А.

Из полоски жести или латуни длиной сантиметров в 10 вырежьте фигуру пропеллера, пробейте аккуратно в середине две дырочки (рис. 16, Б) так, чтобы они свободно надевались на штифты, забитые в катушку. Возьмитесь пальцами за концы пропеллера и изогните их винтообразно; концы пропеллера должны получиться почти под прямым углом один к другому.

На катушку плотно намотайте прочную нитку длиной, примерно, в полметра, наденьте пропеллер на штифты катушки и сильно дерните за нитку. Катушка, а с ней и пропеллер быстро завертятся, и вдруг пропеллер соскочит с катушки и взлетит высоко вверх.

Попробуйте по-разному изгибать пропеллер и добейтесь того, чтобы он поднимался на 10—12 метров. Только будьте осторожны: быстро вращающийся металлический пропеллер может наделать бед, если налетит на человека или какие-либо хрупкие предметы.

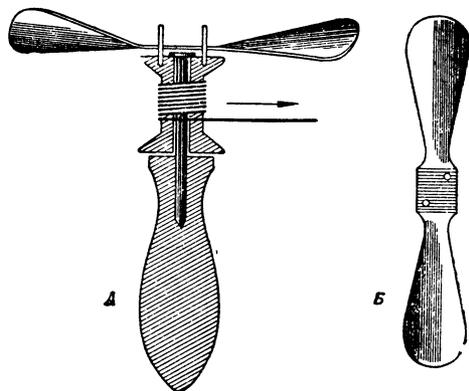


Рис. 16.

Бабочка. Есть очень забавная летающая игрушка, похожая на бабочку. Лет тридцать назад, когда самолеты еще еле отрывались от земли, она приводила всех в восторг полетами к потолку комнаты. И теперь она бывает в продаже, но мы ее можем сделать и сами.

Возьмите две тонкие щепочки *а* и *б* длиной по 14 сантиметров и шириной полсантиметра и вклейте их концы параллельно друг другу в две половинки крепкой и плотной пробки *А* и *Б* (рис. 17). Толщина пробки должна быть 4—5 миллиметров. Выстрогайте еще две тонкие лучинки *л* и воткните их в пробку *А* так, как показано на рисунке. Эти лучинки должны быть немного согнуты. Согнуть их легко. Смочите лучинки водой, загните, завяжите в этом положении нитками и подер-

жите над огнем. Когда лучинки высохнут, можно спокойно развязать нитки: изгиб почти не изменится.

Прямые лучинки каркаса бабочки и изогнутые — для крыльев — хорошенько вклейте в пробки столярным клеем. Вырежьте из папиросной бумаги крылья бабочки и приклейте их к лучинкам. Крылья можно разрисовать яркими красками.

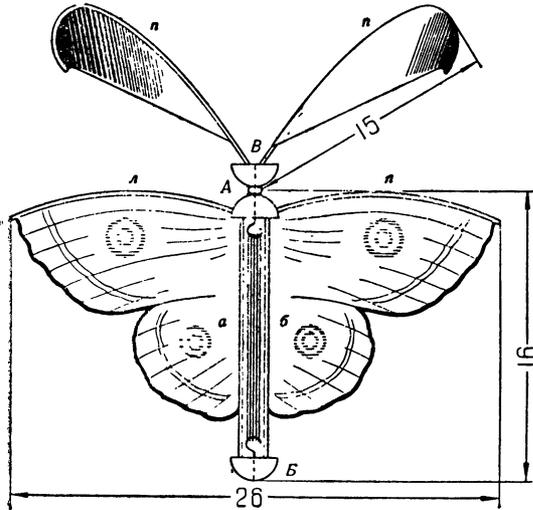


Рис. 17.

В половинку такой же пробки, как для каркаса, вклейте усики *n* бабочки, также согнутые из тонких лучинок и оклеенные папиросной бумагой. Усики должны быть повернуты один к другому так, как повернуты лопасти пропеллера, потому что они будут вращаться и тянуть бабочку.

Из тонкой крепкой проволоки, например, из английской булавки или скрепки

для бумаги, сделайте крючок, проткните его сквозь пробку *A*, затем наденьте стеклянную бусинку, пропустите ось крючка сквозь пробку *B* усиков и закрепите в ней, загнув проволоку. Эта ось с крючком должна очень легко вращаться в пробке *A*. Лучше всего кроме бусинки проложить еще по обе стороны ее маленькие жестяные кружки.

Между крючками натяните 8—10 тонких резиновых нитей сечением 1×1 миллиметр. Такие резиновые нити употребляют авиамоделисты для летающих моделей самолетов. Резинки не следует сильно натягивать.

Возьмите бабочку двумя пальцами левой руки за пробку *A*, а правой закрутите резинки, поворачивая голову бабочки. Когда вы отпустите голову, резинки станут раскручиваться и завертят усики. Тогда выпустите бабочку из левой руки, и она быстро взлетит под потолок. Она очень смешно трепещет крыльями, летает вправо и влево,

кувыркается и, наконец, медленно, все также трепыхаясь, опускается вниз.

Главное при изготовлении бабочки — то, что она должна быть легкой, но прочной. При закручивании резины она не должна ломаться. Чем сильнее накрутите резину, тем лучше полетит бабочка. Только при закручивании усиков нужно обращать внимание на то, как они изогнуты.

Может получиться так, что бабочка не поднимется вверх, а с силой ударится о пол и сломается.

Бумеранг. Бумерангом называется оригинальное метательное оружие австралийцев. Он представляет собой узкую серповидную дощечку; один ее конец немного длиннее другого.

В руках австралийских дикарей бумеранг крайне опасное оружие. Они сбивают им птиц с деревьев на расстоянии 50 и более метров. Когда же смертоносное оружие не достигает цели, оно, описав дугу, возвращается к ногам стрелка.

Можно самому сделать маленький бумеранг и пускать его в комнате.

Возьмите почтовую открытку и вырежьте из нее угольник с тупым углом изгиба. Одна сторона этого угольника, как и в настоящем бумеранге, должна быть немного длиннее, а значит и тяжелее другой. На рис. 18 видна фигура маленького бумеранга. Размер ее большого значения не имеет. Если такой бумеранг

поместить на край наклонно положенной книги и ударить палочкой по выступающему более длинному концу, то он, быстро вращаясь, полетит вперед и, описав дугу, возвратится к вам. Этот опыт

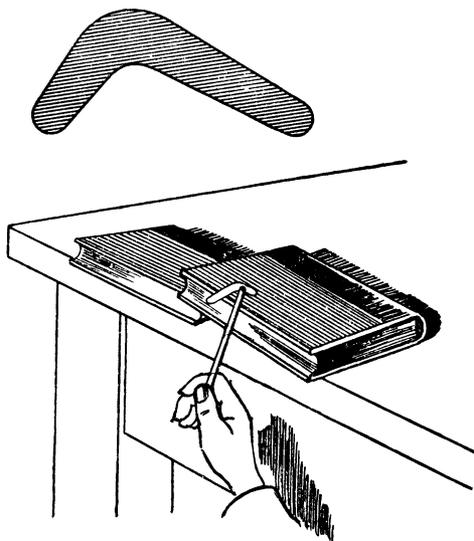


Рис. 18.

не всегда удается сразу, но, вырезав несколько бумерангов, можно найти такую форму, при которой бумеранг обязательно будет возвращаться обратно.

Опыт с катушкой. Для этого интересного опыта нужно иметь только старую катушку от ниток, кусок гладкого плотного картона, булавку и трубку. Вставьте трубку в катушку. Из картона вырежьте кружок диаметром в 3 сантиметра и в центре его воткните булавку (рис. 19). Трубку с катушкой на конце возьмите в рот, снизу в катушку вставьте кружок с булавкой так, чтобы булавка вошла внутрь катушки, и сильно подуйте.

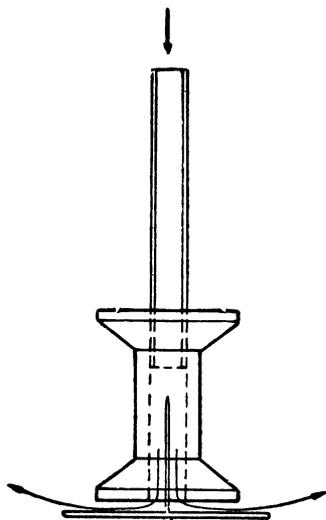


Рис. 19.

Вы думаете, что кружок моментально отлетит от катушки? Получается как раз наоборот: пока вы дуете, кружок держится у катушки и не падает, но как только вы перестанете дуть, он сейчас же упадет.

Это происходит потому, что воздух, выходящий из катушки, быстро растекается в стороны параллельно кружку, причем понижается давление на картон с той стороны, которая обращена к катушке. В это же время давление окружающего воздуха поддерживает кружок с другой его стороны.

Шарик, танцующий в воздухе. Еще, примерно, за сто лет до нашей эры александрийский ученый Герон произвел интересный опыт. На открытый конец изогнутой трубки он положил легкий шарик и затем в трубку нагнетал воздух. Шарик, поднявшись над концом трубки, как бы плясал в воздушной струе, не отлетая в сторону.

Этот опыт легко повторить. Наденьте на короткий конец изогнутой под прямым углом стеклянной трубки длиной около 25 сантиметров проволоку, согнутую спиралью (рис. 20, справа). Сделайте из

бузиной мякоти шарик диаметром, примерно, в 1 сантиметр и положите его в эту спираль. Попробуйте подуть в другой конец трубки сначала слабо, а потом все сильнее и сильнее, — и шарик будет плясать в воздушной струе.

Объясняется этот опыт довольно просто. Если струя обтекает шарик равномерно, он будет держаться в ней на какой-то высоте. Если же струя чуть отклонится ветром или шарик сойдет с середины

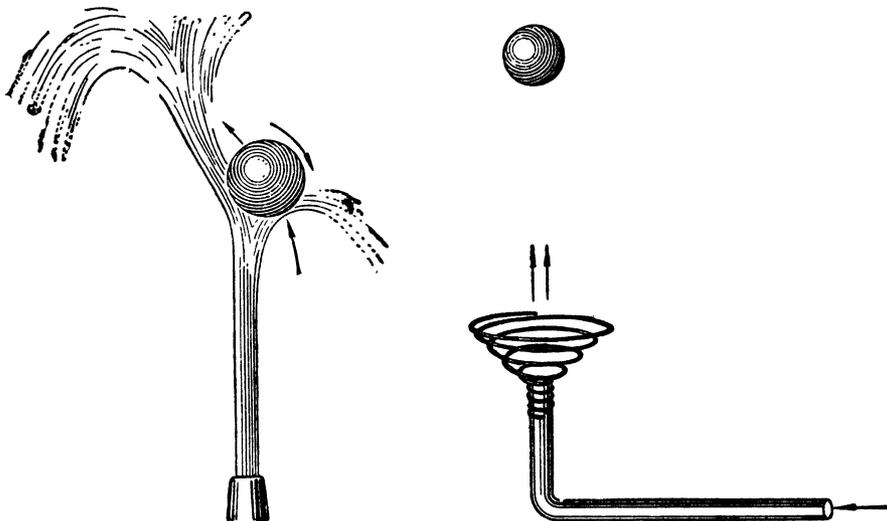


Рис. 20.

струи, сейчас же произойдет вот что: скажем, правая половина шарика вышла из струи, она, значит, потеряла точку опоры, а на левую струя продолжает нажимать, вследствие чего шарик получает вращательное движение. Это хорошо видно на опыте с шариком в струе воды (рис. 20, слева). Он вновь как бы вкатывается в середину струи, не успев окончательно выскочить из нее.

Как перевернуть стакан, наполненный водой, не пролив ни капли. Налейте в какой-нибудь небольшой стаканчик со шлифованными краями воды до краев (можно и до половины) и наложите на него ли-

сток бумаги. Осторожно, придерживая бумагу ладонью, переверните стакан, а затем спокойно отнимите руку, — вода не выльется: воздух, давящий снизу на бумагу, удерживает воду. Без бумаги вода легко могла бы вылиться с какой-нибудь одной стороны, в свободное место проник бы воздух и вытеснил всю остальную воду.

Струя, бьющая по приказанию. Поставьте на деревянную подставку бутылку (рис. 21) с боковым горлышком. Такие бутылки продаются в магазинах школьных наглядных пособий. Вместимость ее должна быть, примерно, 1 литр. В оба горлышка бутылки с помощью резиновых пробок вставьте две согнутые стеклянные трубки *A* и *B*.

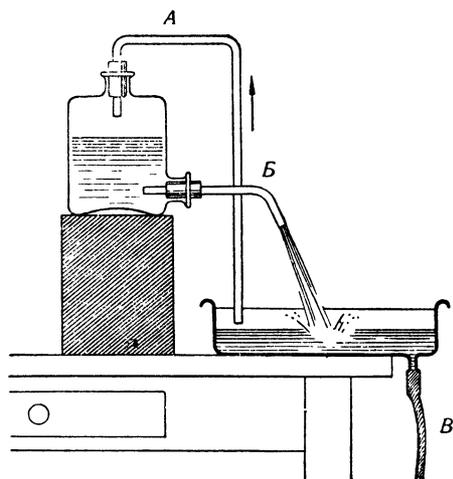


Рис. 21.

Рядом с бутылкой на стол поставьте жестяной таз так, чтобы трубка *A* не доходила до дна таза. Этот таз должен иметь кран или трубку с резиновым рукавом для выпуска воды.

Закройте отверстие трубки *B*, выньте пробку из верхнего горлышка бутылки и налейте в нее воду. Затем заткните верхнюю пробку. Из трубки *B* вода может вытекать

только тогда, когда через трубку *A* в бутылку будет попадать воздух. В этом легко убедиться, если заткнуть пальцем отверстие трубки *A* и открыть боковую трубку *B*. Вода из нее не будет выливаться. Зажав трубку *B*, налейте воду в таз. Если в таз налить столько воды, чтобы она покрыла отверстие трубки *A*, можно смело открыть трубку *B* — вода из нее не будет выливаться. Когда мы немного разожмем трубку, выводящую воду из таза, уровень воды в тазе станет понижаться и, наконец, откроет отверстие трубки *A*. В этот момент из трубки *B* начнет бить вода. Если приток воды из трубки *B* идет быстрее, чем вода вытекает из таза, уровень воды в тазе снова повысится и закроет

отверстие трубки *A*. Вода из бутылки опять перестанет вытекать, но вскоре уровень воды в тазе понизится, и все начнется сначала.

Про такую струю можно сказать, что она бьет «по приказанию». Если вы показываете этот прибор людям, не знакомым с его действием, то можете «командовать» струей.

Пусть вода из трубки *B* и подождите, пока поверхность воды в тазе настолько повысится, что вот-вот закроет отверстие трубки *A*; тогда медленно скажите: «Остановись», — и струя, к удивлению зрителей, остановится. Когда же поверхность воды в тазе опустится настолько, что отверстие трубки *A* скоро откроется, повелительно скажите: «Струя, бей», — и она через секунду начнет бить. В действительности, конечно, не вы даете «приказания» струе, а она вам.

Сифон. Кто мало знаком с законами физики, тот с трудом поверит, что вода в трубке может перелиться через горку без помощи насоса. Это, однако, возможно, но при двух условиях: 1) ведро для стока должно стоять ниже того сосуда, из которого вытекает вода, и 2) горка должна быть не выше 10 метров.

Чтобы понять действие такого приспособления, рассмотрим очень простой аппарат, носящий название сифона.

Короткий конец согнутой трубки вставляется в сосуд, откуда вытекает вода, а длинный — в пустую банку (рис. 22, *A*). Если предварительно набрать воду в трубку и опустить ее короткий конец в верхний сосуд с водой, то достаточно будет открыть нижнее отверстие для того, чтобы пошла непрерывная струя воды.

Вода будет литься до тех пор, пока полностью не опорожнится верхний сосуд.

Можно в верхний сосуд опустить конец пустой трубки, а затем втянуть воду ртом через длинный конец, после этого вода станет сама выливаться.

Чем объясняется действие сифона? На оба конца трубки воздух давит с одинаковой силой, и вода в них была бы в равновесии, если бы оба отверстия были на одном уровне. Но так как один конец сифона ниже другого, столб жидкости в нем тяжелее, чем в коротком колене. Поэтому вода выливается из этого более длинного конца.

а атмосферное давление вгоняет воду в отверстие короткого конца. Таким образом, вода как бы непрерывно втягивается в короткий конец. На самом деле это давление наружного воздуха вгоняет воду в короткую трубку.

Опыт с сифоном очень хорошо произвести, воспользовавшись резиновой трубкой. Тогда можно наблюдать, что чем ниже опускать

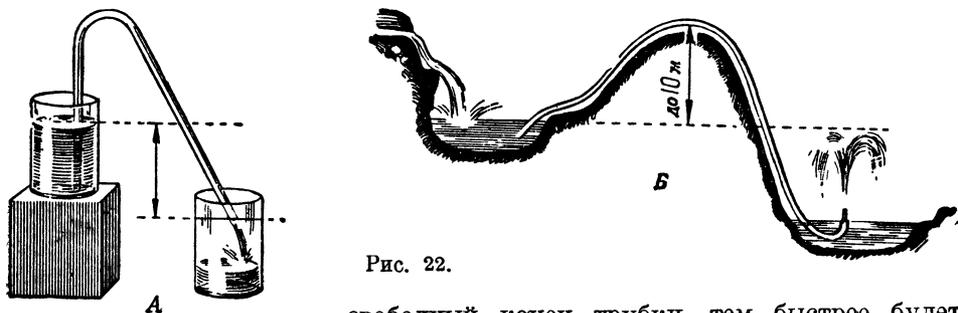
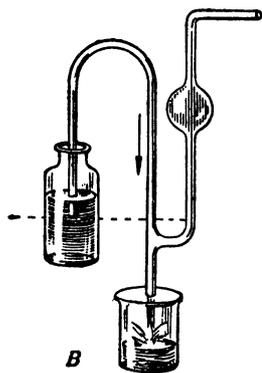


Рис. 22.

свободный конец трубки, тем быстрее будет выливаться вода, а если поднять конец трубки до уровня более короткой части сифона, вода совсем перестанет выливаться. Если же этот подвижной конец поднять вместе со вторым сосудом выше поверхности жидкости в верхнем сосуде, то вся вода из сифона выльется в верхний сосуд обратно. На рис. 22, B показано, как можно провести воду из озера через горку и вывести ее в долину фонтаном.



При вытягивании из сифона воздуха ртом жидкость может попасть в рот, а так как сифоном часто переливаются вредные жидкости, например кислоты, то, чтобы обезопасить себя, придумали очень простое приспособление. Сбоку длинной трубки сифона приделали еще одну трубку так, чтобы она вошла в сифон нижним концом. Верхний конец этой добавочной трубки изгибается, и, кроме того, на ней делается небольшой шар (рис. 22, B).

Пользуются этим сифоном так. Сначала затыкают длинный конец сифона, то есть выходное отверстие, затем всасывают жидкость в боко-

ую трубку. Шар не дает жидкости попасть в рот, потому что, дойдя до шара, жидкость поднимается очень медленно, и втягивание ее можно прекратить. Теперь стоит только открыть нижнее отверстие сифона, и жидкость потечет из него.

Шар Герона. Атмосферный воздух обладает способностью сжиматься. В цилиндре с плотно вставленным в него поршнем можно, например, легко сжать 2 литра воздуха до объема 1 литра или еще меньше. Когда воздух сжимается, увеличивается, конечно, давление, которое он оказывает на стенки сосуда. Соразмерно с этим должна быть увеличена и прочность сосуда.

Физики Бойль и Мариотт открыли такой закон: если на данное количество всякого газа будет оказано вдвое, втрое и т. д. большее давление, то объем его уменьшится вдвое, втрое и т. д. раз. С другой стороны, если в один и тот же сосуд определенного объема нагнетать вдвое, втрое и т. д. большее количество воздуха, то во столько же раз возрастет и его давление. Это последнее свойство газа можно обнаружить при помощи простого прибора, называемого Героновым шаром. Изобретение его приписывают знаменитому древнему математику и физики Герону Александрийскому.

Для этого опыта нужны только аптекарская склянка, пробка и заостренная стеклянная трубка.

Заполните водой, примерно, $\frac{1}{5}$ часть склянки и пропустите трубку сквозь пробку почти до самого дна (рис. 23). Воздух в бутылке давит на воду с такой же силой, как и наружный воздух через трубку. Оба эти давления уравновешиваются, и вода остается в покое.

Теперь возьмите в рот конец трубки и дуйте в бутылку насколько хватит сил. Воздух будет входить в бутылку сквозь воду в виде пузырьков. Как только вы вынете трубку изо рта, внутренний воздух, обладающий сейчас уже большим давлением, чем внешний, немедленно вытеснит воду через трубку, и из нее вылетит высокая струя. Фонтан будет бить до тех пор, пока есть вода в бутылке или пока давление воздуха в бутылке не сравняется с наружным.



Рис. 23.

Геронов фонтан. Геронов фонтан, примерно, то же самое, что и шар Герона. Разница только в способах сжатия воздуха.

Возьмите две бутылки с широкими горлышками, чтобы можно было вставить в них пробки с двумя стеклянными трубками (рис. 24, А). Одну из бутылок поставьте на стол и налейте в нее почти полную воды. В пробку этой бутылки вставьте суженную наверху стеклянную трубку, нижний конец которой должен доходить почти до дна сосуда. Вторую трубку изогните в двух местах. Эта трубка должна быть такой длины, чтобы она доставала до второй бутылки.

Вторую бутылку поставьте на пол или на стул. Конец второй трубки вставьте в пробку нижней бутылки, а рядом с ней вставьте в нижнюю бутылку еще одну длинную прямую трубку с воронкой на верхнем конце. Нижний конец этой трубки должен доходить почти до дна нижней бутылки. Изготовление фонтана закончено.

Если подуть в воронку, в нижней бутылке сожмется воздух, давление его передастся через изогнутую трубку в верхнюю бутылку, и из заостренной трубки станет бить фонтан.

То же самое получится, если лить в воронку воду. Наливая воду, заткните пальцем трубку фонтана. Вы увидите, что вода скоро перестанет выливаться из трубки с воронкой и, наконец, наполнит ее всю. В этот момент воздух в бутылке испытывает давление, равное атмосферному давлению, сложенному с весом водяного столба от уровня воды в воронке до нижнего конца трубки. Как только вы откроете трубку фонтана, из нее сейчас же брызнет вода, так как хотя и с этой стороны имеется атмосферное давление, но давление изнутри будет больше. Наш фонтан будет бить до тех пор, пока не наполнится нижняя бутылка или из верхней бутылки не вытечет вся вода.

Но можно устроить фонтан, действующий гораздо дольше. Такой фонтан можно сделать для аквариума с рыбками. Возьмите две большие жестяные банки *Д* и *Г* (рис. 24, В), поставьте их одну на другую и соедините металлическими трубками. Банки должны быть не очень маленькими, емкостью литра по два или больше. Трубка *а* начинается почти от самого дна банки *Г*, проходит сквозь ее крышку, потом сквозь дно банки *Д* и выходит через ее крышку в бассейн *В*. Трубка *б* выходит из крышки банки *Г* и оканчивается под крышкой банки *Д*. Трубка *а* водонапорная, а *б* — сжимающая воздух. В центре

бассейна *В* пропустите трубку *в*, доходящую почти до самого дна верхней банки. Все соединения ясно показаны на рис. 24, *Б*.

Остается только привести фонтан в действие.

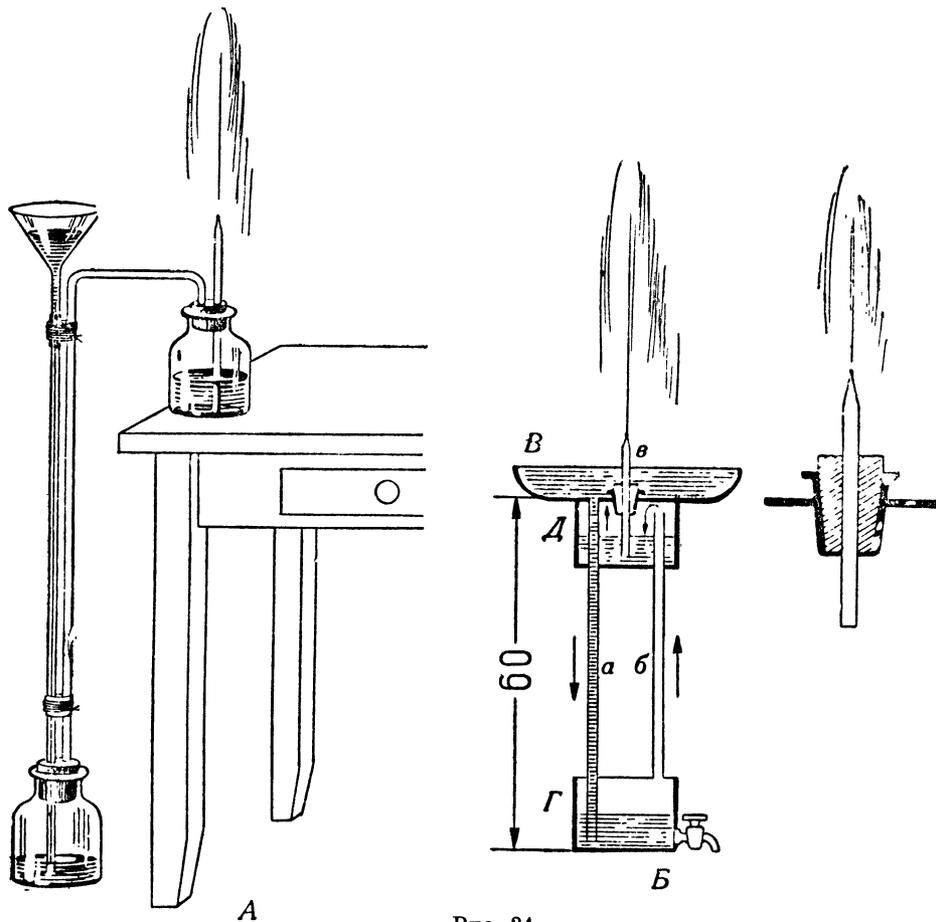


Рис. 24.

Выньте трубку *в* и налейте в верхнюю банку воду приблизительно до уровня трубки *б*. Затем вставьте трубку *в* на место и налейте воду в бассейн. Фонтан немедленно заработает. Действие воды и воздуха в этом фонтане такое же, как и в предыдущем опыте.

Так как вода, прибывающая в бассейн, стекает в нижнюю банку, понятно, что фонтан перестанет бить тогда, когда вся вода из бассейна выльется в нижнюю банку. Если емкость банок по 2 литра и отверстие трубки фонтана не более полумиллиметра, — фонтан бьет около получаса. Чем выше помещены банки одна над другой, тем сильнее бьет струя.

Картезианский водолаз. Это очень забавная игрушка. Ее легко сделать самому. Материалы нужны простые.

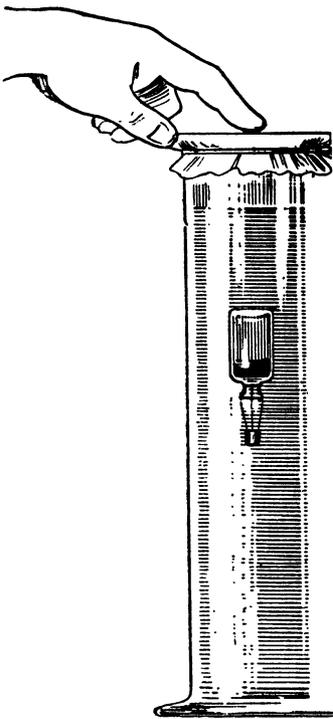


Рис. 25.

Купите в магазине наглядных пособий широкую цилиндрическую мензурку и достаньте кусок тонкой резины такого размера, чтобы она покрыла отверстие мензурки. Налейте в мензурку воды почти доверху. К маленькой легкой бутылочке привяжите на трех-четырех нитках или проволочках маленькую чашечку или наперсток, как показано на рис. 25. В чашечку положите несколько дробинок. Это приспособление и есть водолаз. Опустите его осторожно в воду, чашечкой вниз. Бутылочка-водолаз будет плавать, так как вода не может войти внутрь его — не пускает воздух. Наклоняя бутылочку под водой, выпустите из нее немного воздуха или прибавьте в чашечку столько дробинок, чтобы водолаз еле плавал и от малейшего толчка опускался под воду.

Когда отрегулируете пловучесть водолаза, накройте мензурку резиной, натяните ее и крепко привяжите. Теперь, как только вы нажмете пальцем на резину, водолаз пойдет ко дну. Отпустите палец — и он сейчас же всплывет.

Водолаз ныряет вот почему. Когда вы нажимаете на резину, воздух под ней сжимается и передает свое давление на воду. Через воду

давление передается на воздух, оставшийся в маленькой бутылочке водолаза. Воздух в бутылочке сжимается, в нее входит вода, пузырек становится тяжелее и идет ко дну. Как только давление прекращается, воздух в бутылочке выгоняет воду, и водолаз всплывает.

Эту игрушку придумал лет триста назад великий французский ученый и философ Декарт, по-латыни — Картезиус. Поэтому игрушка Декарта была названа картезианским водолазом.

Насосы и их устройство. Кто внимательно прочтет это описание и проделает все опыты, тот сможет сам конструировать различные модели водоподъемных сооружений.

С давних пор было известно, что жидкость можно поднять в трубе при помощи поршня, плотно прилегающего к стенкам трубы. Для этого необходимо сначала передвинуть поршень до нижнего конца, затем опустить этот конец в жидкость и, наконец, поднимать поршень в трубе. При этом жидкость будет следовать за поршнем. В прежние времена это явление объясняли тем, что природа будто бы «не терпит пустоты» и поэтому, якобы, жидкость заполняет трубу, как только в ней образуется пустота при поднятии поршня. На самом деле воду поднимает только давление атмосферы.

Если поршень в трубе опустить до поверхности воды, воздух будет давить на поверхность поршня, как и на воду. Но, как только мы потянем поршень кверху, под ним атмосфера уже не будет давить на воду и наружное давление погонит воду в трубу вслед за поднимающимся поршнем.

Чем выше столб воды, поднятой с помощью поршня в трубе, тем он тяжелее и его труднее поднимать кверху. Но как бы ни была длинна труба насоса, поршнем можно поднять воду не выше чем на 10,33 метра. Выше этого вода не пойдет, как бы мы ни поднимали поршень. Почему? Потому, что столб воды такой высоты весит столько же, сколько и столб воздуха, давящего на поверхность воды, равную площади поршня. Эти два веса уравнивают друг друга и ограничивают возможность дальнейшего подъема воды.

Теперь вы понимаете, почему в описании сифона было сказано, что колено сифона не должно быть выше чем на 10 метров от поверх-

ности воды. При большей высоте столб воды в сифоне должен разорваться в колене и образовать пустоту — безвоздушное пространство.

Конечно, подъем воды поршнем на высоту 10 метров практически невозможен потому, что под поршнем всегда имеется некоторое количество воздуха. Очень хорошо, если таким насосом удастся поднять воду на высоту 8 метров.

Маленький насос нетрудно сделать самому. Для этого нужны только небольшие обрезки стеклянных трубок диаметром сантиметра в 2 и круглые деревянные, просверленные посередине. Посмотрите на рис. 26, А. На нем показан продольный разрез простого насоса из стеклянных трубок и деревяшек.

В нижнюю деревяшку вставляется снизу всасывающая трубка, а верхняя деревяшка нужна для того, чтобы правильно двигалась штанга поршня. Точно по внутреннему диаметру стеклянной трубки подыщите круглую деревянную палку. От этой палки отрежьте деревянные части для насоса. Стеклянные трубки нужны — одна длиной в 4 сантиметра, другая в 10 сантиметров. Кусок палки сантиметра в 3 длиной просверлите посередине и сбоку. В боковое отверстие вставьте водоотливную трубку, а на оба конца наденьте заготовленные стеклянные трубки: короткую сверху и длинную снизу. Стекло с деревом соединяется сургучом.

Сначала обмажьте сургучом деревяшку, потом разогрейте над огнем трубку и сургуч на деревяшке, вставьте ее в трубку, слегка поворачивая из стороны в сторону. В нижний конец длинной трубки вставьте тоже просверленный в середине кусок палки длиной, примерно, в 2 сантиметра. Сквозь это отверстие проходит всасывающая трубка. Третий кусок палки, длиной, примерно, в 1 сантиметр, будет поршнем. Чтобы поршень легко двигался в трубке и не пропускал воздух, сделайте на нем кольцеобразный вырез и обмотайте шерстяной ниткой. Нитки надо намотать столько, чтобы она плотно прилегала к стеклу. Для облегчения движения смажьте ее маслом. В поршень вделайте проволочную ручку с кольцом на конце. Если бы поршень был сплошным, он при движении кверху поднимал бы воду за собой, а при движении книзу опять выталкивал ее обратно. Но нам нужно поднять воду в отливную трубку. Поэтому поршень устраивают так, чтобы вода могла сквозь него пройти кверху, а обратно уйти не мог-

ла. Для этого служат клапаны. Клапаны можно сделать разными способами. Простейший применен в нашем насосе. Он сделан вроде за-

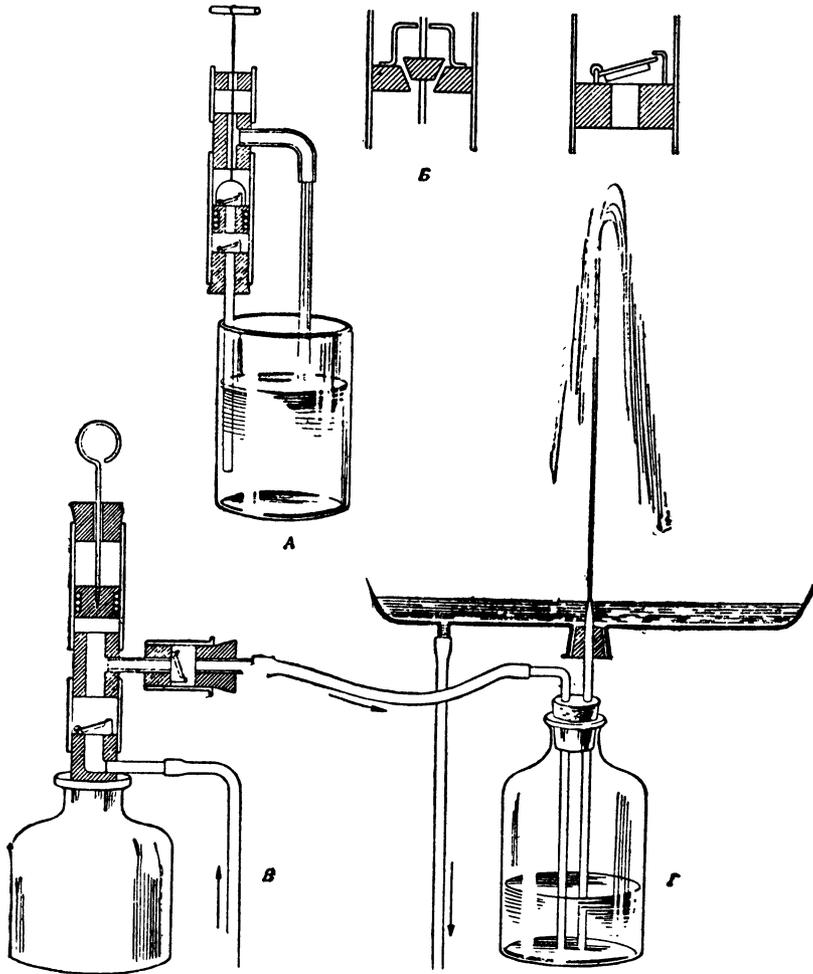


Рис. 26.

пядни, которая собственной тяжестью закрывает отверстие. При напоре воды снизу он поднимается и пропускает воду. На этом основано устройство всех клапанов.

Маленький кусочек жести, изогнутый на одном конце в трубочку, прикрепляется проволочной скобкой над отверстием поршня. Чтобы он плотно прикрывал отверстие, к нему снизу приклеивается сургучом кусочек кожи. Чтобы открытый клапан не мог отклониться в обратную сторону, напротив шарнира вбейте в поршень маленький кусочек проволоки: она будет удерживать край клапана. У нас на рис. 26, *В* показана еще одна конструкция клапана; устройство и действие его понятны без описания.

В нашем насосе нужно поставить два клапана: один в поршне, другой у входного отверстия.

Насос действует так: когда поршень идет кверху, давление воздуха закрывает клапан поршня, а нижний клапан, уступая напору воды, стремящейся за поршнем, открывается. Как только вы перестанете тянуть поршень, нижний клапан своей тяжестью закроется, и вода из насоса не сможет вылиться обратно. Когда поршень пойдет вниз, она откроет клапан поршня и пройдет сквозь него вверх. Когда вы перестанете опускать поршень, клапан его закроется, и вода останется над ним. Следующим движением поршня кверху вы поднимете воду к отливному отверстию, а клапаны насоса будут действовать точно так же, как и в первом случае. Клапан поршня останется закрытым, а нижний, впускной, клапан откроется и впустит воду.

У нас получится обыкновенный всасывающий насос, который употребляется для поднятия воды с небольшой глубины.

Для того чтобы поднять воду повыше, лучше всего пользоваться нагнетательным насосом. Устройство этого насоса показано на рис. 26, *В*. Разница в устройстве поршней только в том, что верхний клапан нагнетательного насоса сделан не в поршне, а в отливной трубке.

Действие нагнетательного насоса также просто. Когда поршень поднимается кверху, воздух захлопывает клапан отливной трубы, а вода открывает нижний клапан, закрывающий всасывающую трубу. При обратном движении поршня закрывается нижний клапан, и напором воды открывается клапан отливной трубы. Когда эта труба повернута концом кверху, нажимая поршнем на воду, можно поднимать ее на значительную высоту.

Если бы нам надо было поднять воду на высоту, скажем, 100 мет-

ров, то было бы очень неудобно применить всасывающий насос. Один насос не справился бы, их надо было бы поставить штук десять один над другим и последовательно перекачивать воду. Применение всасывающих насосов заставило бы нас воздвигнуть огромную постройку и тратить большую мощность для выкачивания воды.

Нагнетательный же насос можно поместить у самой воды. Так помещают всегда пожарные насосы.

Установка нагнетательного насоса не требует больших сооружений. Все дело в том, чтобы провести трубу от выходного отверстия насоса на нужную высоту. Сам же насос и машина, приводящая его в движение, могут быть значительно выше. Когда поршень нагнетательного насоса поднимается вверх, выводная трубка насоса закрыта. Значит, этот насос работает с перерывом при каждом подъеме поршня вверх.

Чтобы получить равномерную струю воды, к насосу пристраивается воздушный резервуар. На нашем рисунке это бутылка Г. Отливная трубка продолжена почти до дна ее. Другая такая же трубка проходит сквозь горлышко этой бутылки наружу. Через отливную трубку насоса вода поступает в бутылку, а через вторую трубку вытекает из нее.

Конечно, как только вода закроет конец прямой трубки, воздух в бутылке начнет сжиматься, а через трубку насоса вода будет все время прибывать. Сжатый воздух заставит воду из бутылки подниматься по прямой трубке и выливаться наверху. Получается то же самое, что и в Героновом шаре. В начале работы насоса вода не сразу пойдет из прямой трубки — внутри бутылки создается давление воздуха. Это давление будет регулировать выход воды из бутылки. Когда насос будет подавать воду, воздух будет сжиматься, а во время перерывов в подаче расширяться и продолжать выгонять воду.

На этом принципе устроены пожарные насосы, в которых обычно два цилиндра и два поршня работают попеременно, а воздушный клапан дает равномерную струю.

Самый простой комнатный фонтан. Простой комнатный фонтан без всякого насоса или Геронова шара можно устроить таким образом. Возьмите довольно большой сосуд, вместимостью в несколько литров,

налейте в него воды и поставьте повыше, например на шкаф. Через край сосуда перекиньте стеклянную трубку, согнутую дугой. Один конец ее должен доходить почти до дна сосуда, а на другой наденьте резиновую трубку. У нас получится сифон. Трубку протяните к тому

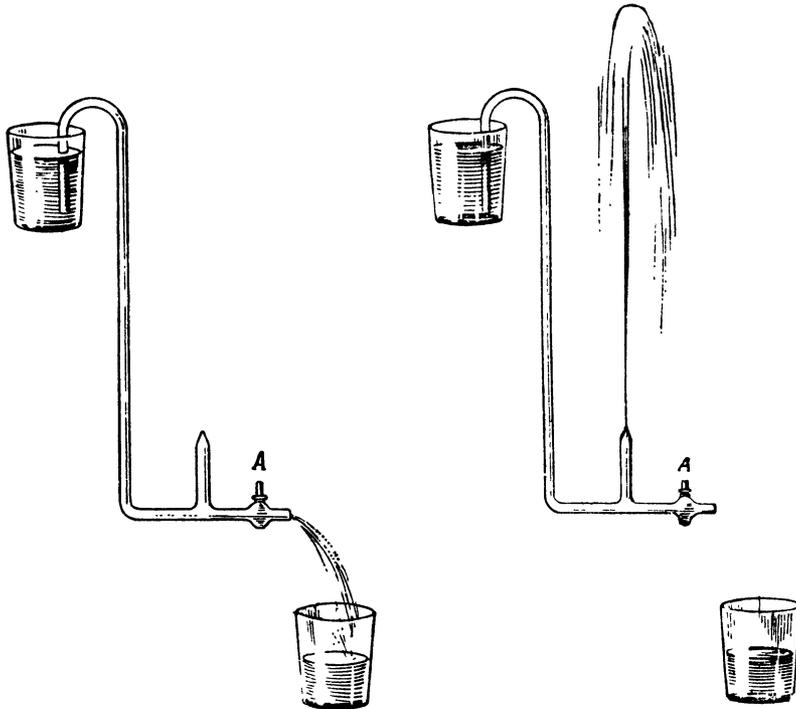


Рис. 27.

месту, где должен быть фонтан. В конец резиновой трубки вставьте обрезок заостренной стеклянной трубки, направленной маленьким отверстием вверх.

Потяните ртом воздух из трубки, и вода брызнет вверх. Конечно, надо заранее установить бассейн для стока воды, а также устроить зажим из согнутой проволоки. Этим зажимом закроете трубку, когда почти вся вода вытечет из верхнего сосуда, иначе вам придется каждый раз снова высасывать из нее воздух.

Сифонный фонтан не может быть выше уровня сосуда, подающего воду. Струя даже не достигнет этой высоты. Но подогнать струю выше уровня сосуда можно другим способом. Если вы соберете трубки так, как показано на рис. 27, то эта конструкция, оказывается, сможет на короткое время выкидывать воду даже значительно выше верхнего сосуда.

Попробуйте во время работы фонтана на секунду открыть кран *A*, а потом очень быстро закрыть его. Струя фонтана мгновенно брызнет выше верхнего сосуда, потом она опять опустится до своей обычной высоты, и, сколько бы раз вы ни открывали и закрывали кран, каждый раз при закрытии крана струя будет резко усиливаться.

Обратное давление. Вода, налитая в сосуд, оказывает давление не только на дно сосуда, но и на все его стенки.

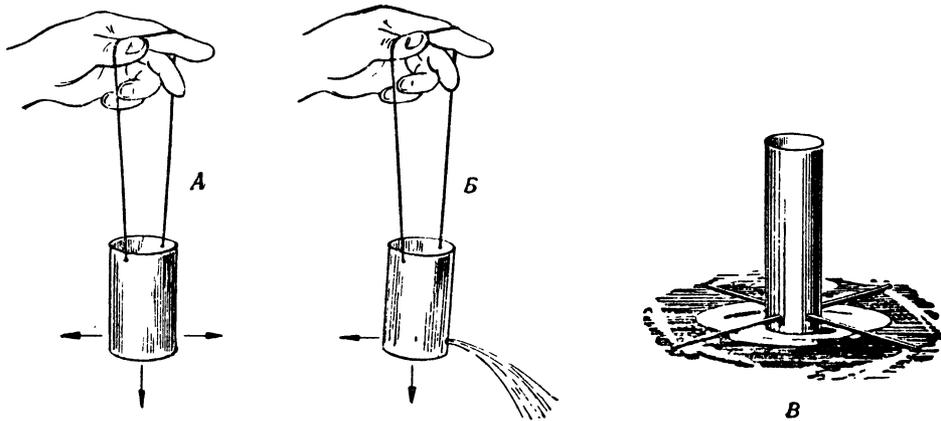


Рис. 28.

Повесьте на двух нитках высокую жестянку от консервов. Если концы нити привязаны точно по диаметру банки, то банка повиснет точно по отвесу (рис. 28, *A*). Вода не выводит ее из этого положения, потому что она равномерно давит на все стенки изнутри. Но если вы пробьете сбоку около дна маленькое отверстие и вода начнет выливаться, банка отклонится от вертикальной линии в сторону, обратную струе воды (рис. 28, *B*). Это происходит потому, что со стороны отвер-

ствия давление воды на стенку банки будет меньше, а на противоположной стороне оно останется прежним.

На этом принципе построено так называемое сегнерово колесо, представляющее собою вертушку, показанную на рис. 28, В. Вода выливается из четырех трубок, в которых с одной и той же боковой стороны пробиты отверстия, и обратное давление вращает всю вертушку.

Простейшая паровая турбина. Герон Александрийский, о котором мы уже не раз говорили, предложил проект довольно интересной машины, действующей обратным давлением. Она представляла собой шар

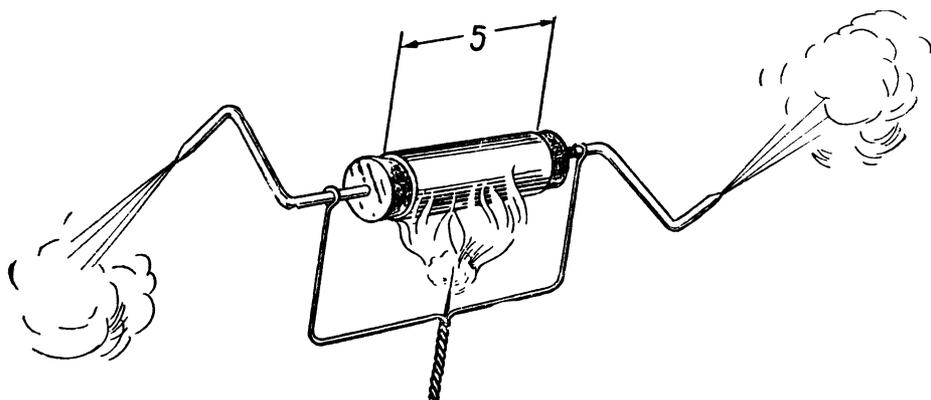


Рис. 29.

с выходящими из него двумя изогнутыми трубками, наподобие трубок сегнерова колеса. Этот шар мог вращаться на оси, и, когда под ним разводили костер, вода закипала, пар вырывался из отверстия трубок и вращал эолипил — как его называли тогда.

Маленький эолипил Герона можно сделать самому из обрезка латунной проволоки длиной в 5 сантиметров и диаметром в 2—3 сантиметра и двух тоненьких стеклянных трубочек.

Из пятисантиметровой трубки, двух пробок, двух тоненьких трубочек и железной проволоки соберите конструкцию, показанную на рис. 29. Когда будете вставлять тоненькие трубочки, обратите внимание на то, чтобы их отверстия были направлены в противоположные стороны. Концы этих трубочек должны быть сужены.

В толстую трубку налейте немного воды. На конец проволоки, выступающей в месте соединения П-образной рамки, поддерживающей эолипил, насадите кусочек ваты, смоченной спиртом. Зажгите спирт. Как только вода закипит, пар вырвется из отверстий трубок, и эолипил быстро завертится.

Лет пятьдесят назад по принципу действия эолипила Герона инженер Лаваль строил настоящие паровые турбины. Но они расходовали очень много пара. Более совершенный тип турбины создал английский инженер Парсонс. Турбины Парсонса получили широкое распространение.

Простой пароходик. Если вы умеете немного паять, можете сделать очень простой пароходик, который будет хорошо плавать на пруду. Этот пароходик тоже будет действовать отдачей струи пара.

Достаньте жестяную коробочку от зубного порошка — она будет котлом вашего парохода. Припаяйте к ней ее крышку, сверху сделайте отверстие и припаяйте к нему гайку от штепсельного гнезда. Это будет отверстие для наливания воды. Его нужно закрывать пробкой. Пробку сделайте из штепсельного гнезда с запаянным отверстием.

Чтобы удобнее было заворачивать гнездо, припаяйте небольшое колечко из проволоки и на гнездо наденьте кружок, вырезанный из резины от велосипедной камеры. Теперь можно быть спокойным, что отверстие будет заворачиваться очень плотно. На одной из боковых стенок коробки, у самой крышки сделайте отверстие, вставьте в него кашлюль от примуса и припаяйте. Отверстие кашлюля немного расширьте снаружи, поворачивая в нем иголку (рис. 30).

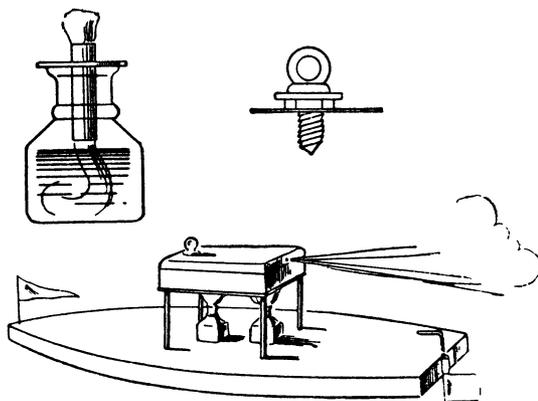


Рис. 30.

Котел готов. Ко дну его припаяйте две проволочки, изогнутые в виде буквы П. Длина проволочных ножек — 4 — 5 сантиметров.

Спиртовки к этому котлу можно сделать из двух склянок от туши. Вырежьте два жестяных кружка немного большего диаметра, чем горлышки склянок. В этих кружках сделайте отверстия и вставьте жестяные трубочки диаметром, примерно, в 5—6 миллиметров. Пропустите в трубки фитили, свернутые из ваты, — и все готово. Можете ставить котел на пароход.

Если у вас нет подходящего корпуса парохода, можно для первого опыта сделать его просто из куска доски. Достаньте обрезок доски длиной в 40 сантиметров и шириной в 10—12 сантиметров; заострите один конец — это будет нос, а на другом конце укрепите жестяной руль. Посредине доски проткните шилом отверстия для проволочек и поставьте котел. Его нужно установить на такой высоте, чтобы от концов трубок спиртовок до дна котла было расстояние в 2 сантиметра.

Налейте в котел на $\frac{2}{3}$ воды, в склянки спирту и, когда фитили хорошо пропитаются спиртом, зажгите их. Как только вода в котле закипит, пар шипя станет вырываться из капсюля, и пароходик, важно пыхтя, поплывет вперед.

Как убедиться, какая из двух жидкостей тяжелее, не взвешивая их и даже не прикасаясь к ним? Вы скажете, что это невозможно. Сейчас увидите, что это вполне осуществимо.

Согласно закону Архимеда, всякое тело, погруженное в жидкость, теряет в весе столько, сколько весит вытесненная им вода. Если тело тяжелее вытесненной воды, как, например, железо, — оно тонет. Если оно легче, как, например, дерево, — оно всплывает. Наконец, если вес погруженного тела равен весу вытесненного им объема воды, то оно не всплывает и не тонет.

Возьмите две банки из-под варенья и уравновесьте их на весах, подсыпав к более легкой банке песку или дроби. Затем растворите, примерно, в литре воды горсть соли и налейте точно 1 литр этого раствора в одну из банок, а в другую налейте литр несоленой воды. Если вы будете рассматривать эти две прозрачные жидкости, вряд ли кто-либо из вас сумеет по наружному виду отличить, в какой бан-

ке вода соленая, а в какой — пресная, т. е. в какой банке жидкость тяжелее и в какой легче.

Возьмите свежее яйцо, прилепите к нему сургучом нитку и опустите его осторожно сначала в одну банку, а потом в другую. Вы увидите, что в одной банке яйцо будет плавать, а в другой тонуть. Зная закон Архимеда, мы можем уверенно сказать, что в первой жидкости оно теряет в своем весе больше, чем во второй, или, иначе говоря, литр воды в первой банке тяжелее воды во второй банке. Значит, вода в первой банке наверняка соленая, а во второй — пресная. Поставьте обе банки на весы, и вы убедитесь в этом: банка с соленой водой перетянет. Теперь вам должно быть ясно, почему морские суда имеют в открытом море меньшую осадку, чем в устьях рек, куда они заходят иногда грузиться.

Яйцо, плавающее внутри жидкости. Для того чтобы заставить яйцо плавать внутри жидкости, на какой-то высоте, нам придется составить эту жидкость, так сказать, из двух этажей. Возьмите высокую банку и налейте в нее до половины насыщенный раствор соли. Потом, осторожно сливая по стенкам, долейте банку чистой водой. Теперь, если очень осторожно опустить в банку яйцо, оно потонет в верхней части и задержится во второй. Правда, сначала падающее яйцо по инерции опустится несколько ниже уровня соленой воды, но потом, немного поколебавшись вверх и вниз, оно останется неподвижно на границе между двумя жидкостями (рис. 31).

Этот же опыт можно проделать по-другому. Если вы будете его показывать товарищам, то на не знающих вашего секрета он произведет большое впечатление.

Приготовьте сначала банку и налейте ее до половины насыщенным раствором соли. Затем на глазах у товарищей опустите в эту банку яйцо. Оно будет плавать на поверхности. Теперь спросите их, что получится, если вы до-

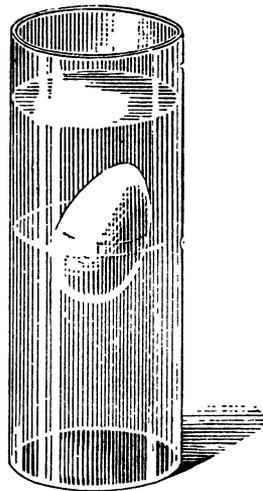


Рис. 31.

бавите воды в банку. Они наверняка скажут, что яйцо поднимется вверх, и будут очень удивлены, когда окажется, что яйцо почти не сдвинулось с места, хотя банка налита до самого верха. Потом вы сможете разъяснить им ваш секрет.

Шар из масла внутри жидкости. Очень красив и другой опыт, отчасти основанный на том же явлении, что и опыт с яйцом, но значительно труднее его. Если налить на поверхность воды прованского масла, оно растекается по поверхности. В чистом спирте масло тонет, образуя слой на дне. Очевидно, масло легче воды, но тяжелее спирта. Если налить половину стакана водой и осторожно добавить спирта, масло, налитое туда, очевидно, должно плавать на границе воды и спирта, как яйцо в предыдущем опыте.

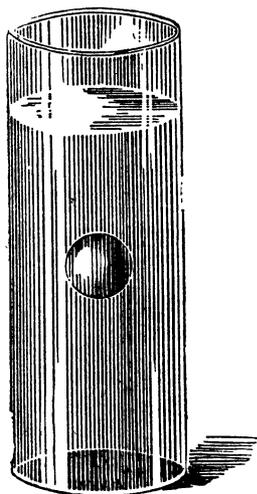


Рис. 32.

Но вы ошибаетесь, ожидая, что масло, как и раньше, растечется слоем. Нет, оно обращается в шар, совершенно ровный и гладкий, разве только немного приплюснутый, если вода и спирт на границе их соединения оказались смешанными (рис. 32).

В таком положении полного равновесия на масло как бы не действует сила тяжести, и частицы его под влиянием внутренних сил сцепления собираются в шар.

Мыльный пузырь. Кто из вас не пускал в детстве мыльные пузыри? Кто не следил за их полетом, не любовался их чудными красками? Действительно, мыльный пузырь — замечательное явление. На нем можно изучать многие законы физики, о которых мы уже говорили раньше.

Получить прочный и большой мыльный пузырь не так просто. Не всякое мыло годится для мыльных пузырей. Не из всякой трубочки их можно выдуть. Самая плохая мыльная вода получается от самого

хорошего туалетного мыла; хорошо подходит для пузырей так называемое зеленое мыло. Но еще лучше — марсельское. Мыло нужно растереть и развести мягкой дождевой или дистиллированной водой, но не нужно разводить очень жидко, от этого пузыри скоро лопаются. Чтобы пузырь был прочнее, прибавьте в мыльный раствор немного глицерина. Такую мыльную воду можно даже сохранять несколько дней в хорошо закупоренной бутылке.

Хорошо выдувать пузыри, пользуясь стеклянной трубочкой с немного расширенным концом и хорошо отполированными краями. Край трубочки нужно предварительно натереть мылом, иначе пузыри лопаются при спускании. Они могут также легко лопнуть, если в трубочку попадет слюна.

Мыльный пузырь как воздушный шар. Налейте на блюдечко немного мыльной воды, наберите ее на трубочку и выдуйте шар; на первых пузырях всегда появляется снизу капелька мыльной воды, по-

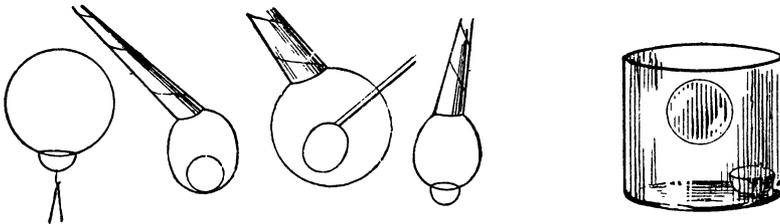


Рис. 33.

этому они не годятся для опытов. Над первыми пузырями не стоит и стараться. Страхивайте их поскорее и набирайте снова мыльную воду на трубочку, сначала понемногу, затем все больше и больше, и, наконец, выдуйте пузырь сантиметров в 20 в диаметре. Легким толчком отделите его от трубочки. Вы увидите, что он сначала поднимется немного кверху, а потом, переливаясь всеми цветами радуги, медленно опустится и, прикоснувшись к полу, лопнет. Он был наполнен вашим горячим дыханием и поэтому, как наполненный горячим воздухом шар-монгольфьер, поднялся кверху, а затем остыл и опустился.

Но этот опыт требует много терпения и удастся только в очень спокойном воздухе.

Гораздо проще наполнить мыльный пузырь светильным газом.

Соедините вашу трубочку резиновым рукавом с газовой горелкой. Обмакните конец трубочки в мыльную воду и, подняв кверху, откройте слегка кран газопровода. Когда надуется порядочный пузырь, закройте кран и стряхните пузырь. Он поднимется прямо кверху, до потолка.

Если под рукой будет зажженная свеча, пузырь можно поджечь в воздухе.

Подъемная сила такого наполненного светильным газом пузыря так велика, что к нему можно прицепить даже небольшую тяжесть, но прикреплять ее надо очень осторожно.

Из тонкой медной проволоки сверните кольцо диаметром в 1 — 1,5 сантиметра. На этом кольце из такой же тонкой проволоки сделайте скобочку. Проволоку можно взять из шнура, который применяется в электропроводке. Шнур этот сплетен из многих тонких медных жилок. Хорошенько смочите кольцо мыльной водой и подверните его под пузырь, повернув трубочку концом книзу. Кольцо прилипнет к пузырю и не разорвет его (рис. 33). Через проволочную скобочку можно перекинуть еще маленькую полоску бумаги или посадить на нее маленького бумажного человечка. Он, как пассажир в корзине воздушного шара, будет носиться по воздуху, пока не лопнет пузырь.

С мыльным пузырем можно сделать еще один замечательно эффектный опыт. На дно большой банки (рис. 33, справа) поставьте маленькую чашечку с осколками мрамора или мела. Полейте мраморные осколки раствором соляной кислоты (1 часть кислоты на 10 частей воды). В чашечке начнется довольно сильное кипение и шипение. Надо подождать, пока кипение в чашке окончится. Тогда воздух в банке станет спокойным, и опыт можно начать.

Выдуйте небольшой пузырь и стряхните его осторожно в банку. Этот пузырь будет вести себя в банке совершенно неожиданно. Сначала он упадет почти на дно, потом поднимется кверху, опять упадет вниз и, наконец, остановится в банке, держась на небольшой высоте. Здесь он будет принимать различные окраски. Следите за ним. Вот он стал светлоголубым, потом зеленым, желтым, вот он делается

красным, пурпуровым, вот опять появляется голубоватый оттенок, только гораздо красивее и гуще, чем сначала, но при этом шар опускается книзу и, наконец, лопается, обычно не достигнув дна.

Чем объясняется это явление?

От обливания мрамора соляной кислотой образуется углекислый газ (двуокись углерода), такой же бесцветный, как и воздух (об этом газе будет подробно сказано в последней главе книги). Углекислый газ тяжелее воздуха, и поэтому он остается в банке. Получается как бы озерко углекислого газа, на поверхности которого плавает мыльный пузырь. Ваш мыльный пузырь наполнен воздухом, и поэтому он легче газа. Оболочка пузыря настолько тонка, настолько мало весит, что пузырь не тонет, но постепенно углекислый газ проходит внутрь пузыря и заставляет его потонуть.

Два мыльных пузыря один в другом. Мыльный пузырь не лопнет, если к нему прикоснуться стеклянной трубочкой, смоченной мыльной водой. Но прикосновение сухим предметом сейчас же разрывает пузырь. Смоченную в мыльной воде трубочку можно ввести внутрь пузыря и выдуть в нем другой пузырь. Когда вы вытащите трубочку, второй пузырь упадет на дно большого пузыря и будет лежать в нем, как яблоко в корзине. Маленьким толчком о трубку первого пузыря можно вытолкнуть второй пузырь наружу, и он повиснет вроде корзины воздушного шара (рис. 33).

Другие опыты с мыльными пленками. Если вы сделаете из проволоки кольцо, смочите мыльной водой и затянете его мыльной пленкой, то с этим диском из мыльной пленки можно произвести довольно интересный опыт.

Положите на пленку смоченное мыльной водой тонкое проволочное колечко, а затем проткните какой-нибудь сухой палочкой середину кольца. Мыльная пленка лопнет, но останется ободком между внутренним и наружным кольцами.

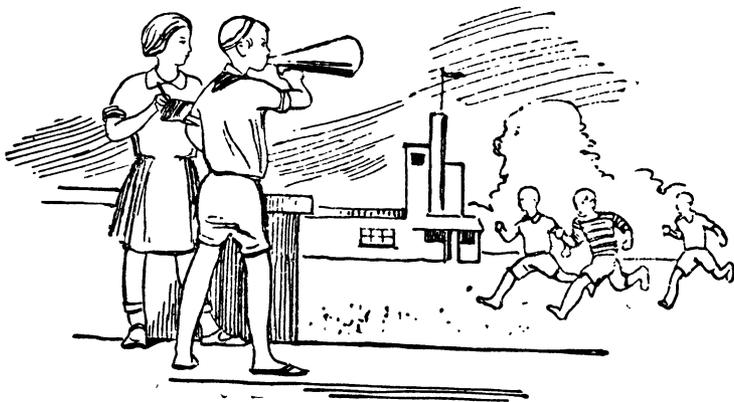
Согнутые из проволоки различные геометрические фигуры можно затянуть мыльной пленкой, опустив в мыльный раствор и затем вы-

нув из него, и они будут очень красиво переливаться всеми цветами радуги.

Если опустить пузырь на стеклянную пластинку, смоченную мыльным раствором, пузырь растягивается на ней, как небесный свод. Под этим искусственным небом можно поместить различные бумажные фигурки, домики.

Очень красивыми получаются пузыри, наполненные табачным дымом. В большой обычный пузырь можно поместить второй, молочного цвета, выдутый табачным дымом.

Опыты с мыльными пузырями очень увлекательны. Кто попробует повозиться с ними, проведет за этим, казалось бы пустяковым, занятием немало времени.



Глава вторая

ОПЫТЫ СО ЗВУКОМ

Некоторые сведения о звуке. Наше ухо — удивительно тонкий инструмент, воспринимающий звуковые явления. Каждое вызванное хотя бы легким толчком воздуха колебание тонкой кожицы, так называемой барабанной перепонки, туго натянутой в ухе, воспринимается нами как звук.

Но каким образом мы слышим, например, выстрел из пушки, произведенный на расстоянии нескольких километров от нас? Как и каким путем он достигает уха? Почему мы слышим звук от выстрела лишь через некоторое время после того, как он произведен? Почему, наконец, выстрел вблизи слышен громче, чем отдаленный?

Все эти вопросы нетрудно разрешить, если мы восстановим в своей памяти все, что говорилось в беседе о воздушных шарах и летательных аппаратах.

Пространство между предметами, находящимися на поверхности земли, не пустое. Оно заполнено смесью прозрачных газов, которую мы называем воздухом. Воздух состоит из бесчисленного множества мельчайших частиц газов, таких крошечных, что их невозможно рассмотреть в самый сильный микроскоп. Значит, это бесчисленное мно-

жество частиц газа заполняет пространство между пушкой и нашим ухом. Когда из дула пушки с силой вылетают пороховые газы, они дают толчок ближайшим частицам воздуха, эти частицы толкают следующие и т. д. Эти толчки, постепенно передаваясь от частицы к частице во все стороны, достигают также и барабанной перепонки нашего уха. И как только эти толчки, последовательно переданные мельчайшими частицами газа, достигнут барабанной перепонки, мы тотчас же услышим звук.

Пространство между ухом и телом, издающим звук, можно сравнить с площадью, плотно заполненной людьми. Представьте, что каждый человек — это мельчайшая частица воздуха. Допустим, что через эту толпу необходимо передать какое-либо поручение от человека, находящегося в одном конце площади, к человеку, который стоит на противоположном конце той же площади. Проще всего первому лицу передать это поручение стоящему впереди, тот в свою очередь передает следующему, и таким образом поручение придет по назначению.

Представьте себе, что это поручение состоит всего лишь в передаче маленького толчка. Ведь для передачи этого поручения все могли бы остаться на своих местах и каждому человеку пришлось бы последовательно одному за другим слегка качнуться, и толчок был бы передан толпой значительно скорее, чем гонцом, который был бы послан по тому же пути.

Такое же явление наблюдается в воздухе. Мельчайшие частицы воздуха не летят от звучащего тела к уху, а только передают толчки соседям, эти следующим и т. д.

Сила толчка, передаваемого через толпу людей, может не только не уменьшиться из-за большого расстояния, но даже увеличиться, если кто-нибудь, недовольный беспокойством, передаст его соседу сильнее, чем получил сам. Но с частицами воздуха дело обстоит иначе. Они безжизненны и хорошо передают толчок, но он постепенно все больше и больше ослабевает в пути, хотя бы уже по одному тому, что каждая частица должна толкнуть соседей по всем направлениям, и, следовательно, сила толчка, воспринимаемого каждым соседом, становится все слабее и слабее. Вот почему сила звука постепенно уменьшается по мере нашего удаления от источника звука.

Если бы даже звук распространялся только в одном направлении,

прямо к нашему уху, то и тогда бы он был значительно слышнее вблизи пушки, чем вдали от нее. Но звук распространяется во все стороны, и вследствие этого еще больше ослабляется сила толчков по мере увеличения расстояния от пушки. Если отойти от пушки на расстояние в два раза большее, мы услышим звук выстрела в четыре раза слабее, если отойти на расстояние втрое большее, звук выстрела будет слабее в 9 раз, если вчетверо, то в 16 раз слабее, и т. д.

О скорости распространения звука. Толчок, данный ближайшим частицам воздуха, постепенно передается во все стороны, и как человеку нужно некоторое время для того, чтобы передать поручение соседу, так и на передачу звуковых колебаний от одной частицы воздуха к следующей уходит некоторое время. Найдено, что звук распространяется в воздухе со скоростью приблизительно 333 метров в секунду.

Вам, может быть, интересно, как измеряют скорость звука? Это можно сделать различными способами.

Один из способов состоит в следующем.

Если на каком-нибудь большом расстоянии следить за выстрелом ружья или пушки, можно заметить, что мы значительно раньше видим огонь из дула, чем слышим звук выстрела. Это значит, что свет проходит гораздо большее расстояние в секунду, чем звук. Скорость света во столько раз превосходит скорость звука, во сколько, примерно, скорость курьерского поезда превосходит скорость движения часовой стрелки по циферблату. Поэтому мы можем считать, что выстрел произошел в то самое мгновение, когда глаз воспринял свет пламени из дула. Звук заставляет себя ждать и будет услышан тем позднее, чем больше расстояние между пушкой и нами. Если расстояние известно, то простое измерение промежутка времени между появлением огня в пушке и звуком выстрела позволит нам вычислить скорость распространения звука.

Как измерить расстояние, не пользуясь линейкой? Предположим, что вы гуляете с приятелем и на некотором расстоянии от вас находится железнодорожный мост. Спросите приятеля, может ли он до-

вольно точно определить на-глаз, на каком расстоянии находится этот мост. Ваш спутник подумает и скажет, что он может ошибиться, определяя расстояние на-глаз, пожалуй, на несколько сот метров. А вы можете уверенно заявить, что беретесь определить это расстояние без всякого инструмента с очень большой точностью.

Как это можно сделать? Очень просто. Заметьте по секундной стрелке часов время, когда первые колеса паровоза войдут на мост; заметьте также, сколько секунд прошло до того времени, когда вы услышали въезд поезда на мост. Далее, зная, что скорость распространения звука в воздухе равна 333 метрам в секунду, вы сейчас же можете высчитать расстояние до моста. Если, скажем, этот промежуток времени был равен 6 секундам, то, помножив 333 на 6, мы сразу узнаем, что расстояние до моста равно 1 998 метрам.

Так как скорость распространения звука несколько зависит от температуры и влажности воздуха, нельзя ручаться за совершенную точность результатов. Лучше округлить полученное число до 2 тысяч метров. Но даже эта точность измерения после проверки вызовет удивление вашего приятеля.

Если на ваших часах нет секундной стрелки, приложите часы к уху и считайте секунды. Почти все карманные часы отбивают $\frac{1}{5}$ долю секунды, и если считать так: 0^{2,3,4,5}; 1^{2,3,4,5}; 2^{2,3,4,5}; 3^{2,3,4,5}; 4^{2,3,4,5} и т. д., то можно узнать не только секунды, но и пятые доли их. Разумеется, счет надо начинать с нуля. При счете 1 проходит первая секунда, при счете 2 — вторая, при счете 3 — третья и т. д. Не удивляйтесь, что секунда длится дольше, чем это обычно кажется неопытному наблюдателю.

Случаев для определения расстояния по звуку найдется много: например, свисток паровоза (когда виден пар от свистка), играющий оркестр (начало музыки заметно по движению дирижера), плотник, рубящий топором, и т. д. С большой точностью можно определить расстояние до грозовых разрядов, если сосчитать секунды между вспышкой молнии и первым ударом грома.

Не обязательно, чтобы тот или другой предмет сам издавал звук. Если звук, изданный предметом, возвращается, например, в виде эхо, вы тоже можете определить расстояние от предмета. Предположим, что с момента возникновения звука и первым ясным его эхом как раз

пройдет 3 секунды. Значит, звук прошел туда и обратно $333 \times 3 = 999$ метров, или — округленно — 1 000 метров, а следовательно, предмет, отразивший голос, находится от нас в 500 метрах.

Как произвести звук, чтобы услышать его дважды? Звук распространяется не только через воздух, но и через все газообразные, жидкие и твердые тела. Только скорость распространения и сила звука при этом не одни и те же. Через некоторые газы и через все жидкие и твердые тела звук распространяется скорее, чем через воздух. В самом легком известном нам газе — водороде — звук проходит в секунду 1 286 метров, т. е. почти вчетверо больше, чем в воздухе. В воде скорость звука равна 1 400 метрам, в дереве — 3 300 метрам и в железе — 5 000 метрам в секунду.

Пользуясь хорошей звукопроводностью воды, определяют наличие подводных лодок в море или, подслушивая через воду шум винтов, обнаруживают ход судна, еще находящегося за горизонтом. На берегах прудов, в которых разводят карпов, часто устанавливают колокол, и карпы приплывают на звон колокола, зная, что в это время их кормят. Значит, звук проходит из воздуха в воду. Если бы колокол был помещен в воде, вода затрудняла бы раскачивание языка колокола, и звук получился бы очень слабым.

Однако, мы отклонились от темы. Как же издать звук так, чтобы услышать его дважды? Гуляя, вы заметите где-нибудь длинный железный решетчатый забор. Чем длиннее забор, тем лучше. Оставьте вашего спутника у начала забора, а сами пройдите вдоль него шагов сто двадцать, приложите ухо плотно к железному пруту забора и попросите вашего спутника сделать по решетке сильный и короткий удар. Прежде всего вы увидите, как он ударит, а затем услышите звук двух ударов, быстро следующих один за другим. Может быть, вы решите, что это вам показалось, но при повторном опыте всякое сомнение исчезнет. Вы действительно слышите два звуковых удара.

Так же просто, как и опыт, его объяснение.

От тела, вызвавшего звук, толчки дошли до уха двумя путями: через воздух и железо. Через железо звук распространяется очень быстро (5 тысяч метров в секунду), а через воздух значительно медлен-

нее (333 метра в секунду). Это и вызывает два коротких звуковых раздражения. Если вы отошли от места на 100 метров, первый звук, распространившийся по железу, дойдет до вашего уха через 0,02 секунды, а второй — через 0,3 секунды. Разница в 0,28 секунды явственно ощущается ухом.

Звук передается твердыми телами не только быстро, но и хорошо. Этим свойством пользуются заключенные в тюрьмах революционеры, ведя стуком переговоры между камерами.

Один англичанин так воспользовался свойством елового дерева очень хорошо передавать звук. Он поставил в подвале рояль и еловым шестом соединил деку рояля с комнатой верхнего этажа. В верхнем этаже шест проходил через пол и передавал звуки рояля, когда к нему прикладывали деку скрипки. Музыка, совершенно не доходившая прежде из подвала, была так хорошо слышна, будто рояль находился в комнате.

Позднее физик Тиндаль заменил скрипку арфой, тоны которой больше подходят к роялю, и все присутствующие были поражены результатами: струны арфы издавали звуки, как будто под ударами невидимой руки, и многие суеверные люди думали, что это действуют «духи».

В маленьком масштабе этот опыт можете повторить и вы.

Возьмите деревянный шест длиной в 2—3 метра и пропустите его через деревянную стену или дверь какого-нибудь сарая. Отверстие должно быть больше толщины шеста. Шест не должен прикасаться к деревянной двери или стене, оберните его ватой или войлоком и тогда вставьте в отверстие. Вдвиньте шест так, чтобы концы его были одинаковой длины с обеих сторон. Если к одному концу шеста вы приложите часы, а к другому концу деку скрипки, гитары или просто тонкую доску, — тиканье часов будет слышно громко и ясно.

Дешевый телефон. Зная свойство звука хорошо распространяться по твердым телам, можно устроить очень простой и дешевый телефон. Конечно, сравнить его с электрическим нельзя, но на небольшом расстоянии он будет все же отлично передавать звуки.

Склейте из картона два небольших стакана, доньки их проткни-

те в центре, проденьте сквозь них тонкий крепкий шнур и закрепите его на дне стаканов деревянной палочкой. Длина шнура может быть более 20 метров. Участники разговора получают по стакану и расхо-

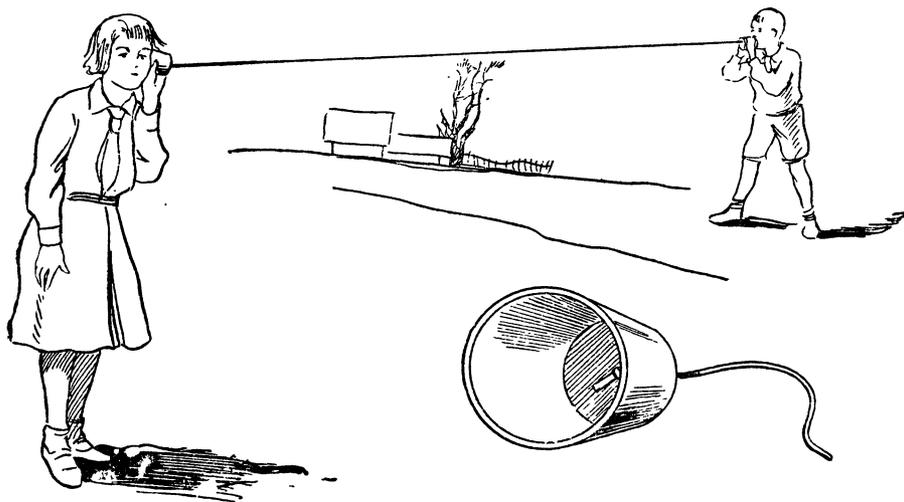


Рис. 34.

дятся, насколько позволяет шнур. Теперь, если один из участников будет говорить в стакан, а другой приставит свой стакан к уху, то даже тихо произносимые слова будут отлично слышны (рис. 34). Звук проводится шнуром хорошо только тогда, когда шнур натянут.

Рупор. Мы уже знаем, что воздух состоит из многочисленных отдельных частиц. При возникновении звука частицы воздуха, находящиеся около звучащего тела, передают толчки соседним частицам, которые толкают следующие, и т. д., и таким образом звук доходит до нашего уха.

При разрежении воздуха расстояния между частицами увеличиваются, и передача толчков, а значит и звука, ослабляется. В безвоздушном пространстве звук передаваться вообще не может. У кого есть воздушный насос, тот легко может в этом убедиться.

Возьмите, например, электрический звонок и положите его под колпак воздушного насоса. Звонок нужно положить на небольшую подушечку, чтобы звук его не передавался наружу через стол. Включите ток и, пока звонок работает, начните выкачивать воздух. Сначала звон будет сильным, потом станет тише и, наконец, будет едва слышен, как будто звонок звонит далеко и еле-еле работает, хотя на самом деле вы видите частые удары молоточка, которые показывают, что звонок действует.

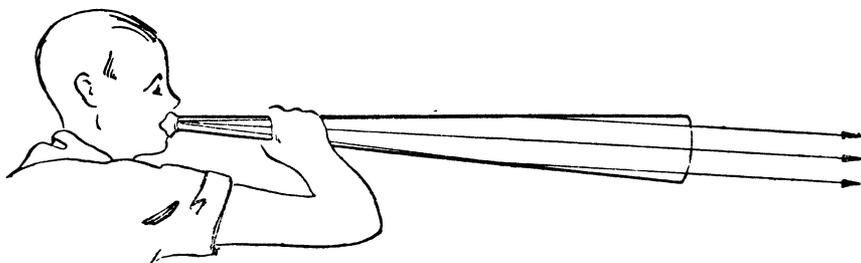
Частицы воздуха напоминают по своим свойствам упругие мячики. Поэтому, пользуясь обычным резиновым мячом, можно получать некоторые явления, похожие на те, которые происходят в воздухе при передаче звука его частицами.

Сделайте, например, пометку мелом на стенке, на высоте вашего роста, прямо против себя, и с силой бросьте мячик в стену. Он вернется по тому же направлению, по которому был брошен. Если вы отойдете в сторону от пометки на стене и бросите в нее мячик, он отскочит в противоположную от вас сторону. Можно заранее сказать, в каком направлении он отскочит от стены. Если восстановить перпендикуляр из точки удара мячика о стену и измерить угол, под которым мячик ударился, можно заметить, что он отскочил от стены под тем же углом к перпендикуляру. Первый угол называется углом падения, а второй — углом отражения. Поэтому физики говорят, что угол падения равен углу отражения (рис. 35, внизу). Этому же закону подчиняется и звук.

Явление отражения звука навело на мысль построить такие инструменты, при помощи которых звук можно передавать на большие расстояния. Мы знаем, что звук распространяется во всех направлениях и поэтому очень быстро ослабевает. С помощью рупора мы можем направить звук большой силы в одном определенном направлении. Сотни лет искали наилучшую форму рупора, но оказалось, что, какую бы фигуру ему ни придавали, он не получается много лучше простого рупора, который легко сделать самому.

Склейте из картона коническую трубу длиной, примерно, в 1 метр так, чтобы диаметр раструба получился в 15—20 сантиметров и узкий конец конуса имел отверстие диаметром сантиметра в три. К этому концу рупора приклейте небольшую воронку так, чтобы ею

удобно было закрывать рот. Когда рупор высохнет, приложите рот к воронке, а раструб направьте в ту сторону, куда хотите направить звук. Стенки рупора не дадут рассеяться звуку во все стороны. И сила звука будет ослабевать с расстоянием значительно меньше, чем без рупора.



A — угол падения — равен
B — углу отражения.

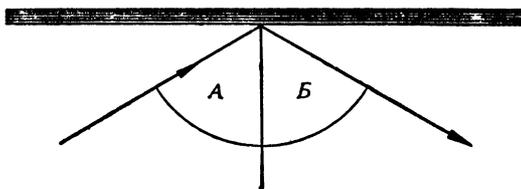


Рис. 35.

Рис. 35 показывает, как благодаря рупору звуковые колебания, отражаясь от его стенок, распространяются по направлению, параллельному оси рупора. С помощью хорошего рупора длиной в 2 метра можно разговаривать на расстоянии в 1 километр, а при тихой погоде, да еще ночью, даже дальше.

Звук так хорошо распространяется в трубах, что часто в учреждениях устраивают очень простую связь: из одного помещения в другое проводят трубу и разговаривают по этому примитивному телефону.

Часто на небольших морских и речных судах капитанский мостик и помещение рулевого связаны трубами с машинным отделением. Да и между каютами иногда прокладывают такой примитивный, но очень надежный телефон.

Искусственный гром. Для этого опыта вам не нужно никаких электрических приборов. Все заменит кусок бечевки. Приложите один кусок бечевки к уху и попросите товарища отойти с другим концом ее и довольно сильно натянуть. Теперь,

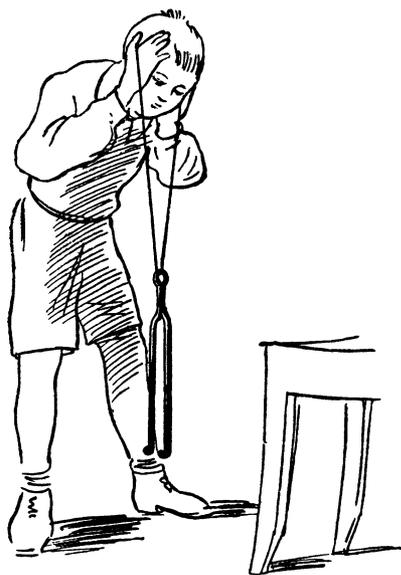


Рис. 36.

если ваш товарищ будет очень тихо ударять по бечевке пальцами, вы услышите как бы стук дождевых капель о раму окна. Если он будет водить по бечевке гвоздем, вам послышится завывание бури. Если же ваш помощник будет катать шнур между пальцами, вы ясно услышите раскаты грома. При легком подергивании бечевки получается впечатление боя часов.

Попробуйте привязать бечевку к железным щипцам, которыми берут уголь из печи, приложите концы бечевки к ушам и стукните щипцами о ножку стола или какой-нибудь металлический предмет (рис. 36). Что вы услышите?

Акустические обманы. Слух, как и другие наши чувства, иногда обманывает нас. Можно ошибиться и в силе звука и в исходной точке его. Раскаты грома так могущественны, что мы затрудняемся сравнивать их с каким-нибудь другим шумом, и все-таки гром можно совершенно заглушить, комкая бумагу у самого уха. Это не значит, конечно, что комканье бумаги громче грома. Просто настолько велика разница в расстояниях, что звук комкания бумаги воспринимается нами сильнее страшных раскатов грома.

Очень часто бывают ошибки в определении направления звука. Часто, услышав эхо, можно подумать, что именно в той стороне, откуда послышалось эхо, находится человек. Торопясь к трамваю, мы часто зря бежим, чтобы успеть сесть в него. Представьте себе, что вы идете

по улице, упирающейся в другую, по которой проложена трамвайная линия, как показано на рис. 37. Вы слышите приближение трамвая, решаете, что он идет слева, торопитесь добежать до угла. В большинстве случаев вы ошибаетесь: оказывается, что он идет справа. Бывает и наоборот: если вам нужно сесть в трамвай, идущий справа, левый трамвай вводит вас в заблуждение. Объясняется это очень просто. Вы идете по правой стороне улицы, и трамвай приближается справа. Он скрыт от вас углом дома, и вы его не видите, но слышите. Звук в этом случае попадает в ухо не прямым путем. Мы знаем, что звук распространяется во все стороны. Каждое из этих направлений мы можем назвать звуковым лучом.

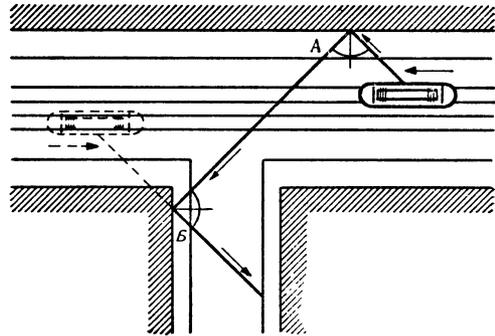


Рис. 37.

Рассмотрим один из звуковых лучей, исходящих от движущегося трамвая (на рисунке он обозначен жирной чертой). Сначала луч звука падает на сторону *A* улицы, по которой идет трамвай. От этой стороны, по известному уже нам закону, он отражается и попадает на сторону *B*. Отразившись и от нее, он достигает нашего левого уха. Поэтому вы думаете, что трамвай идет с левой стороны, так как мы привыкли считать, что звук исходит от тела, находящегося на линии звукового луча.

Говорящие фигуры. Для этого опыта нам нужны два вогнутых зеркала. Их нетрудно сделать самому. Так как зеркала эти будут служить только для опытов со звуком, их можно сделать из папки. Блеск этим зеркалам не нужен, и особенной точности тоже не требуется.

Если вы представите себе вогнутое зеркало, рассеченное через центр пополам, то, очевидно, линия разреза будет дугой, радиус которой будет равен радиусу того шара, часть которого составляет вогнутое зеркало. Если вы захотите сделать вогнутое зеркало с радиусом в 1 метр (этот размер как раз хорош для нашего опыта), возьми-

те кусок картона длиной сантиметров в 70 и метровый шнурок. Начертите на картоне дугу так, чтобы захватить ею всю длину картона (рис. 38, А). Вырежьте аккуратно эту часть круга, и у вас получится так называемый шаблон.

Достаньте непроклеенный картон и нарежьте из него 12—15 узких равнобедренных треугольников, длинная сторона которых должна равняться, примерно, 35 сантиметрам. Сшейте эти треугольники (рис. 38, В), время от времени прикладывая к ним шаблон. Добейтесь того, чтобы они образовали вогнутое зеркало, примерно, соответствующее шаблону. Для этого сначала из этих сшитых треугольников получаем очень плоское коническое зеркало. Чтобы придать ему необходимую нам округлую форму, намочите картон и, когда он размокнет, растягивайте его, нажимая большим плоским блюдом и руками до тех пор, пока поверхность не станет такой вогнутой формы, какая нам нужна. Все время прикладывая шаблон по разным направлениям, добейтесь того, чтобы зеркало получилось правильной формы.

Готовое мокрое зеркало положите сушить в тени, подложив под него тряпки, чтобы картон не провис. Если хотите сделать зеркало не такое большое, например, диаметром в 30—40 сантиметров, его можно сделать из одного куска картона, вырезав круг диаметром в 45 сантиметров, и, намочив, вытянуть его по шаблону.

Очень хорошее зеркало можно сделать из гипса. Шаблон этого зеркала нужно сделать из доски, но взять не вогнутую сторону, а выпуклую. В середине этой выпуклой части шаблона вбейте гвоздь. Откусите головку этого гвоздя и заострите его (рис. 38, В). Затем вырежьте из толстого картона круг такого диаметра, каким должен быть диаметр зеркала, например 50—60 сантиметров. По краям круга пришейте борты из палки 10—15 сантиметров вышиной. Все щели замажьте глиной или замазкой. В эту форму налейте гипс, смешанный с небольшим количеством клея, замешайте немного и, когда масса делается тестообразной, вставьте шаблон в центр дна и вертите его. Шаблон соскревет излишек гипса, а оставшийся гипс остынет и образует выемку по форме шаблона.

Когда гипс окончательно засохнет, вы получите замечательное вогнутое зеркало. Только не сушите его около печки или на солнце, потому что при быстрой сушке на гипсе получаются трещины.

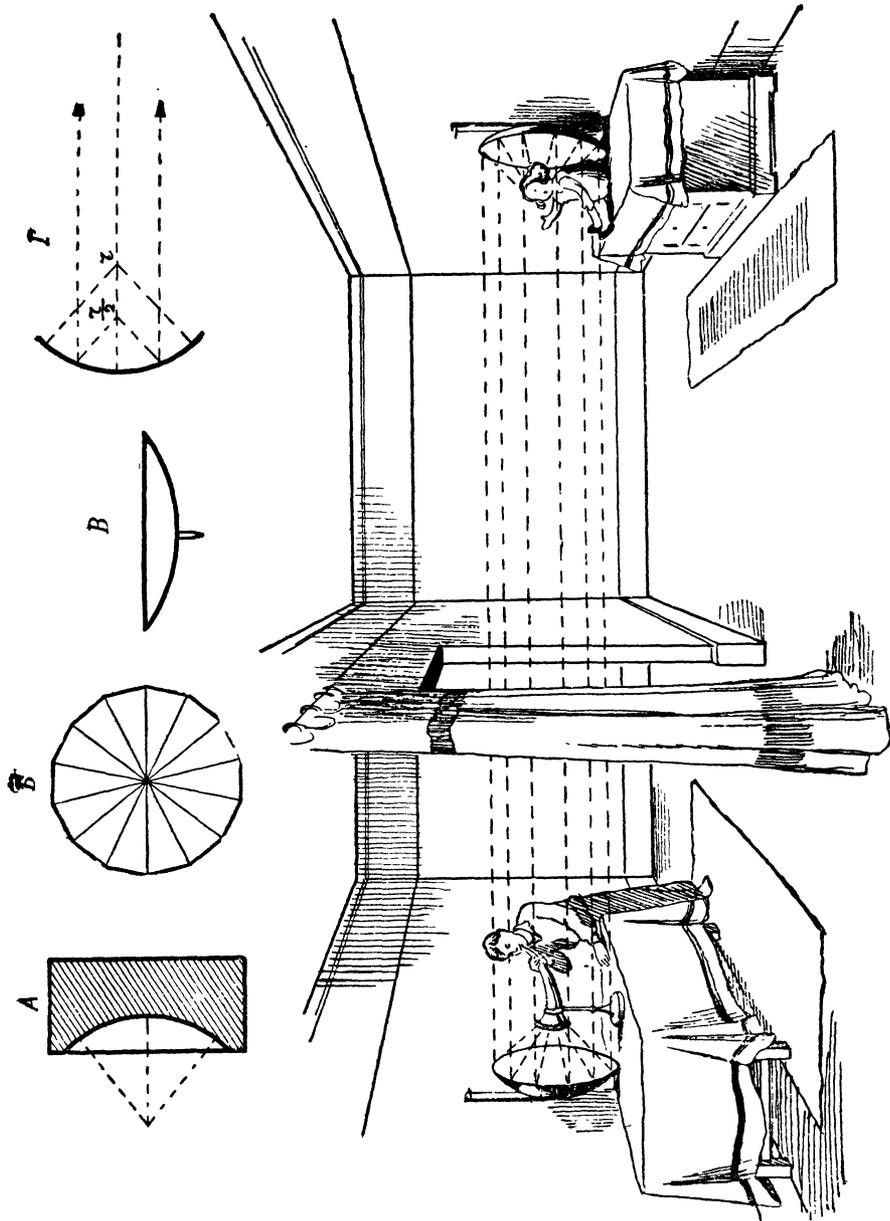


Рис. 38.

Для нашего опыта нужны два одинаковых вогнутых зеркала. Повесьте их в двух комнатах, точно друг против друга, так чтобы между ними приходилась дверь. Если зеркала большие, расстояние между ними можно взять до 10 метров. В фокусе одного зеркала поставьте какую-нибудь куклу и объявите присутствующим, что эта маленькая особа может говорить и отвечать на вопросы.

Фокус вогнутого зеркала находится как раз против центра его, то есть против самого глубокого места, на расстоянии половины радиуса изгиба (рис. 38, Г), то есть на расстоянии половины того радиуса, которым чертился шаблон. Если вы чертили шаблон радиусом в 1 метр, значит фокус зеркала находится на расстоянии 50 сантиметров от центра его.

Звуковые лучи, исходя из центра той шаровой поверхности, часть которой составляет наше зеркало, падают на зеркальную поверхность, каждый перпендикулярно к ней, и отражаются обратно в тот же центр. Если же звучащее тело находится в точке, расположенной несколько ближе к зеркалу, то идущие от него звуковые лучи, отражаясь, соберутся в точках, более удаленных от зеркала, чем его центр. А если исходная точка звуков будет совпадать с фокусом зеркала, то, отразившись, они пойдут параллельно главной оси зеркала и, попав на противоположное вогнутое зеркало, отразятся уже от этого второго зеркала и соберутся в его фокусе, который находится тоже на расстоянии полурадуса от середины зеркала.

Чтобы скрыть другое зеркало от зрителей, завесьте открытую дверь кисеей или тонкой простыней — они отлично пропускают звуковые волны. Лучше всего производить опыты вечером, тогда вы можете осветить ту комнату, в которой находится кукла, а смежную не освещать. Зеркала должны обязательно висеть точно одно напротив другого. Установить их нелегко, так что перед тем, как показывать этот опыт собравшимся, проверьте, правильно ли висят зеркала, иначе может получиться конфуз.

Если вам никто не помогает при установке, можно повесить в фокусе одного зеркала часы, а тиканье их слушать у второго зеркала в другой комнате.

Фигурку установите так, чтобы голова ее была в том месте, где лучше всего слышно тиканье часов. Это будет как раз в фокусе зер-

кала. Но при опыте вам все-таки необходим помощник. Пусть он станет у фокуса зеркала, висящего в темной комнате, и слушает все, что будут говорить фигурке на ухо. Он же должен и отвечать на все вопросы, тихо говоря в фокус зеркала, и тогда задавший вопрос услышит ответ, держа ухо у головы фигурки. Получается такое впечатление, что действительно говорит кукла, и никто из присутствующих наверное не сможет объяснить, в чем тут секрет.

Чтобы ваш помощник, сидящий в темной комнате, не ошибся и не дал ответ не в фокус зеркала, установите небольшой рупор, через который можно будет и разговаривать и слушать. Рупор, голова и плечи человека, подходящего к зеркалу, мало помешают распространению звуковых лучей.

Волчок как акустический инструмент. В начале этой книги мы рассказывали, как проделать опыты с волчком. Тогда мы заставляли его вращаться в самых удивительных положениях, а сейчас воспользуемся им как музыкальным инструментом. Только для этого опыта нужен волчок особенно тяжелый. Может быть, какой-нибудь знакомый токарь выточит вам такой волчок по нашим рисункам (рис. 39).

Ось можно сделать медную, заострить и немного закруглить конус вниз. Самый диск волчка лучше всего сделать из какого-нибудь тяжелого металла, например олова или свинца. Диск надо обязательно выточить на токарном станке. Сверху оси волчка надо просверлить в центре углубление точно по оси. К этому углублению подберите подходящий отрезок стальной проволоки и вставьте его в деревянную ручку. Подставку можно сделать из дерева, только сверху, там, где будет вращаться конец оси волчка, вставьте медный подшипник, а низ подставки, чтобы она не скользила, оклейте сукном. Чем точнее сделаны все части волчка, тем дольше он вращается и, значит, тем лучше получаются опыты с ним. Волчок этот запускается шнурком, как показано на рис. 40.

Обратите внимание на то, что над диском волчка, по обе стороны оси, должны быть вставлены два маленьких штифтика. Они нужны для того, чтобы устанавливать на волчке различные круги, которые составляют акустический аппарат волчка.

Вырежьте ножницами из жести или тонкого листа меди два правильных круга с тремя отверстиями посредине: одно в центре — для оси волчка, и два маленьких по бокам — для штифтов. На окружности одного из этих кружков выпилите напильником зубцы самой разнообразной величины без всякого определенного порядка, как показано на рис. 41, А. Но острия всех зубцов должны доходить до наружного края.

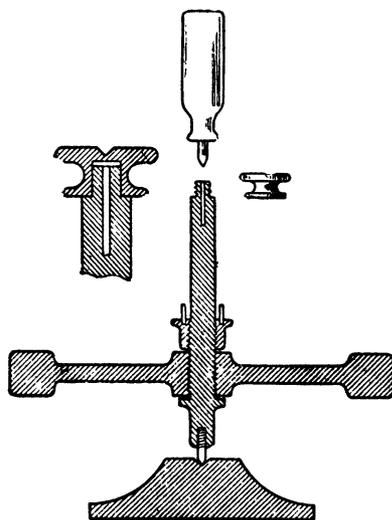


Рис. 39.

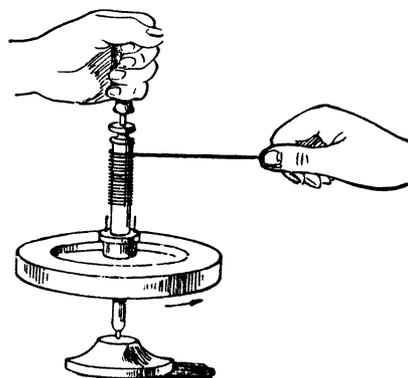


Рис. 40.

На другом кружке сделайте зубцы как можно точнее (рис. 41, В), глубиной в 2—3 миллиметра. Если последний зубец выйдет немного больше или меньше остальных, это не беда — один зубец дела не испортит.

Вы уже знаете, что всякое звучащее тело сообщает толчки частицам воздуха, и эти толчки передаются затем нашему уху. Ряд таких отдельных одинаковых толчков воспринимается нашим ухом в виде сплошного звука лишь в том случае, если они следуют один за другим достаточно часто. Как бы вы ни торопились бить палкой по барабану или карандашом по кусочку картона, все же отдельные удары будут слышны.

При помощи наших зубчатых кружков можно ударять по картону с такой частотой, что отдельные удары нельзя будет различить.

Положите на волчок кружок с беспорядочно выпиленными зубцами и приложите к нему кусочек очень плотного и тонкого картона (рис. 41, А). Вы услышите отвратительный, визгливый скрип.

Не то получается с другим кружком. Равномерные удары его правильных зубцов о картонку, сливаясь, вызывают одну музыкальную

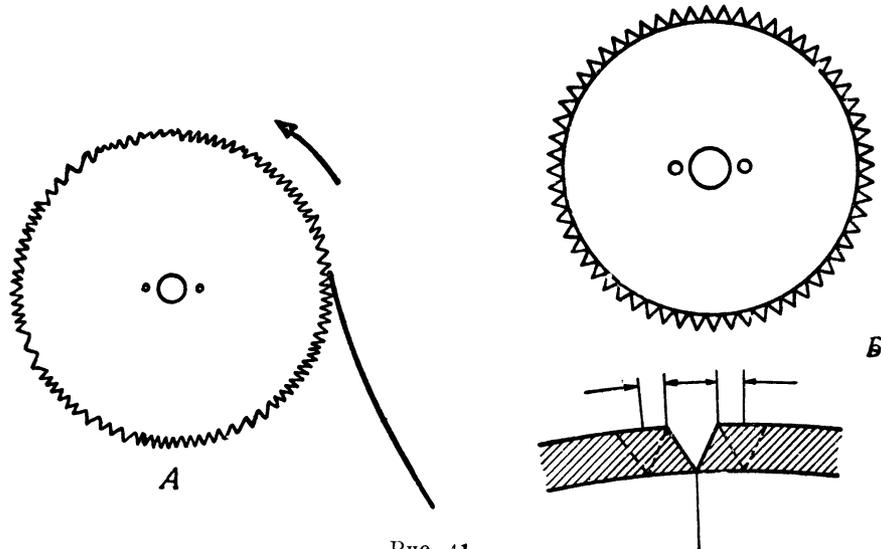


Рис. 41.

ноту (так называемый тон), сначала высокую, а затем, по мере замедления хода волчка, все более и более низкую.

Может быть, вам интересно знать, сколько последовательных равномерно следующих толчков сливается в нашем ухе в одну музыкальную ноту и в какую именно? 16 толчков в одну секунду уже сливаются в низкую, густую ноту, а 435 колебаний в секунду дают тон «ля».

Это та самая нота, на которую настраивается вторая скрипичная струна.

Еще интереснее знать наибольшую частоту колебаний, которую может воспринимать наш слух. Надо заметить, что с увеличением

числа колебаний в секунду после известного предела одновременно с повышением тона идет ослабление восприятия нами звука.

При самом высоком тоне рояльной струны она совершает 5 тысяч колебаний в секунду, 20 тысяч колебаний в секунду производят едва слышимый нами звук, а 35 тысяч колебаний может уловить только редкий слух. Большее число колебаний наше ухо уже не воспринимает.

Однако, мы забыли про наш волчок, а он, между тем, может еще потешить нас музыкальными звуками гаммы и аккордами. Только для этого надо сделать еще один кружок, так же как и первые два из жести или меди, или даже из хорошего картона (рис. 42, А). Сделать это нетрудно, только надо знать размеры. Такой же кружок, как и первый, разделите радиусами на 6 равных частей и прочертите на нем 4 круга, каждый раз уменьшая радиус на одну и ту же величину, чтобы все промежутки между окружностями были равны. На внутреннем круге сделайте 12 дырочек, на втором — 15, на третьем — 18, а на наружном — 24. Диаметр отверстий должен быть в 2—3 миллиметра. Только не протыкайте их шилом, а выбейте просечкой, и вообще постарайтесь изготовить круг очень тщательно.

С помощью этого кружка можно сообщить воздуху правильные, следующие друг за другом толчки, — значит, вызвать музыкальный тон. Для этого во время вращения круга нужно дуть в один из рядов отверстий. Струя воздуха то пропускается через отверстия, то задерживается промежутками. Это дает часто следующие друг за другом толчки, то есть тон. Струю воздуха направьте на круг через оттянутую с одного конца и загнутую под углом стеклянную трубочку, как показано на рис. 42, Б.

Если волчок вращается со скоростью 6 оборотов в секунду, первый ряд дырочек даст нам $6 \times 12 = 72$ колебания; второй — $6 \times 15 = 90$ колебаний; третий — $6 \times 18 = 108$ колебаний и четвертый — $6 \times 24 = 144$ колебания в секунду. Такой волчок с продырявленными дисками называется сиреной Савара. Наша сирена может издавать правильные аккорды из трех нот. Для этого надо только еще одно приспособление.

Возьмите тонкую медную трубку и один конец ее запаяйте. Сбоку трубки просверлите 4 отверстия на таком же расстоянии одно от другого, на каком находятся круги с дырочками на сирене. К этим четырем отверстиям припаяйте по маленькому отростку трубки. Когда

на открытый конец этой металлической трубки вы наденете резиновую трубку и будете дуть сквозь четыре тоненьких отростка на вращающийся круг сирены, держа трубку так, чтобы воздух из тоненьких трубочек попадал сразу на все круги с дырочками, вы услышите правильные аккорды, высокие или низкие, в зависимости от скорости вращения волчка.

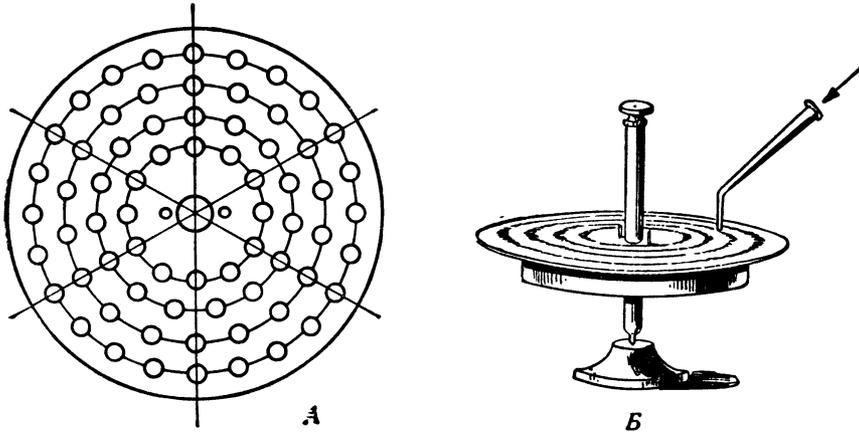


Рис. 42.

Тот, кто знаком с музыкой, может с помощью волчка наблюдать очень интересные явления. Можно сделать, например, не четыре ряда дырочек, а восемь — получится чудесная гамма. Для этого на восьми окружностях надо расположить дырочки в таком порядке: первый ряд — 24, второй — 27, третий — 30, четвертый — 32, пятый — 36, шестой — 40, седьмой — 45 и восьмой — 48 дырочек. Гамма состоит из семи тонов, числа колебаний которых в одну секунду относятся как ряд этих чисел. Это показано в следующей табличке, в которой имеются и общеизвестные названия тонов в гамме:

<i>до</i>	<i>ре</i>	<i>ми</i>	<i>фа</i>	<i>соль</i>	<i>ля</i>	<i>си</i>
24	27	30	32	36	40	45

Изготовленный волчок позже пригодится нам еще для оптических опытов.

Звучание струн. Всякое быстро колеблющееся тело издает звук. Вы знаете, что колеблющиеся натянутые струны издают музыкальный тон.

Возьмите натянутую струну посредине пальцами, оттяните ее чуть-чуть в сторону и отпустите. Упругая струна быстро вернется в свое прежнее положение, но по инерции перейдет через него дальше, затем снова отклонится в ту сторону, куда вы ее раньше оттянули, и будет колебаться так некоторое время, все с меньшим и меньшим размахом, пока, наконец, не успокоится.

Колебания струны вызвали толчки воздуха, следующие очень быстро один за другим. Эти толчки сливаются в нашем ухе в один звук, но такой звук струны очень слаб, и, чтобы усилить его, струны натягивают на тонкостенные деревянные ящики. Дерево хорошо воспринимает все колебания и передает их воздуху уже большей поверхностью. Поэтому все струнные инструменты — скрипка, рояль, балалайка, арфа — делаются из дерева. Оно обладает замечательной способностью одинаково хорошо воспринимать колебания почти всех звуков, в то время как металлы приводится в колебание главным образом только тем тоном, который сам издает при ударе.

У кого дома есть рояль или пианино, тот легко может убедиться в этом. Деревянный корпус рояля удивительно усиливает все тона; каждый тон передается наружному воздуху одинаково громко и ясно. Откройте крышку рояля, нажмите правую педаль и возьмите голосом какую-нибудь ноту. Вы услышите, что рояль повторит взятый вами тон. При нажмении правой педали все струны освобождаются от суконных клапанов и могут свободно колебаться, но в ответ на ваш голос заколебалась только струна того тона, который вы взяли. Все остальные не отозвались.

Посмотрим теперь, как колеблется струна и какие звуки она издает в разных случаях. Не надо быть скрипачом, чтобы знать, чем сильнее натянешь струну скрипки на клок, тем выше будет издаваемый ею звук. Но высокий или низкий тон струны зависит не только от того, насколько сильно она натянута. На тон влияют вес струны и ее длина.

Тяжелые басовые струны, обмотанные проволокой, не могут дать такого большого числа колебаний в секунду, как так же натянутые

и той же длины легкие. Значит, число колебаний струны зависит и от ее веса на единицу длины. Чем больше вес струны, тем меньшее число колебаний в секунду она дает. Математики говорят, что число колебаний струны обратно пропорционально ее весу.

Если вдвое укоротить струну, колебания ее будут вдвое чаще, а потому и звук будет выше, и притом, как говорят, на октаву выше. Вообще при данном натяжении число колебаний данной струны в одну секунду обратно пропорционально ее длине.

Гармоника из деревянных палочек. Для того чтобы струна издавала звук, ее не только можно бить, дергать или пилить поперек смычком. Ее можно тереть вдоль тряпкой, посыпанной канифолью. Но в этом случае колебания будут не поперечными, а продольными, они будут идти не в стороны, а струна будет попеременно то сокращаться, то удлиняться.

Мы можем устроить основанный на этом музыкальный инструмент, показанный на рис. 43. В деревянный ящик длиной в 50 сантиметров и высотой в 15 сантиметров вделайте на равном расстоянии одну от другой 8 деревянных очень гладких палочек толщиной в 1 сантиметр. Палочки должны быть вделаны точно перпендикулярно к крышке ящика. Лучше всего сделать ящик и палочки из пихты, но очень хорошие результаты получатся, если сделать гармонику из еловых досок.

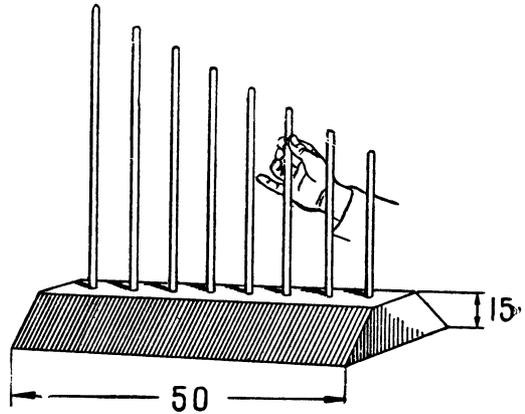


Рис. 43.

Для того чтобы ящик был устойчивым, основание его сделайте пошире. Длина палочек зависит от того, какой будет первая из них. Для изготовления этого инструмента вы можете взять такие размеры: первая палочка длиной в 70 сантиметров, третья (терция) должна быть

$\frac{70 \times 4}{5} = 56$ сантиметров, пятая $\frac{70 \times 2}{3} = 46,7$ сантиметра, восьмая вдвое меньше первой — 35 сантиметров. Остальные палочки можно подогнать по слуху к промежуточным нотам октавы по тонам гаммы. Конечно, их можно обрезать и по цифровым соотношениям звуков, но по тону пригонять лучше, потому что можно легко ошибиться при разрезывании из-за неуловимой на-глаз разницы в толщине палочек. Лучше сделать их сначала немного длиннее, чем надо, а потом постепенно подшлифовать, прислушиваясь.

Длина второй и четвертой палочек должна быть средней между стоящими рядом с ними; вторая палочка $\frac{70 + 56}{2} = 63$ сантиметра; четвертая $\frac{56 + 46,7}{2} = 51,4$ сантиметра; шестая и седьмая палочки должны быть средними по длине и по звуку между пятой и восьмой.

Теперь инструмент готов, и для игры на нем больше никаких приспособлений не нужно. Двумя слегка влажными пальцами скользите по палочкам вниз, и эта оригинальная гармоника будет звучать.

Музыкальный инструмент из бокалов. Нетолстый стеклянный бокал можно заставить издавать громкий звук. Оботрите указательный палец правой руки мокрым полотенцем, чтобы удалить грязь, обмокните затем палец в воду и мокрым пальцем водите, осторожно нажимая, по краю бокала (рис. 44). Сначала вы услышите неприятный звук. Но, когда края бокала хорошо оботрутсЯ, он будет издавать поющий звук тем нежнее, чем легче вы будете нажимать пальцем.

Высота звука зависит от величины бокала и толщины стенок. Вам нетрудно будет подобрать несколько бокалов или стаканов от самого низкого до самого высокого тона. Изменять тон можно еще, подливая воду в бокал. Чем больше воды нальете, тем ниже будет тон.

На такой гармонике из бокалов очень легко можно исполнять разные мелодии.

Когда вы будете вести пальцем по краям бокала с водой, вы увидите сверху, как поверхность воды колыхнется. Она непрерывно волнообразно движется. Волны эти очень малы, но можно заметить, что

они сильнее в том месте, в котором находится палец. Волны идут поперек бокала к противоположной стороне, а под прямым углом к ним двигаются другие волны, тоже проходящие через центр.

Очень интересно наблюдать эту зыбь на зеркальной поверхности воды, и вы, конечно, понимаете, что она происходит от сотрясения стенок стакана, которое передается воде. Как только вы отнимете палец, пропадут и звук и зыбь.

Знаменитый американский ученый Вениамин Франклин, открывший атмосферное электричество, изготовил когда-то довольно сложный музыкальный инструмент наподобие гармоики из бокалов. Он подобрал шестнадцать хорошо отшлифованных стеклянных чашек, просверлил в центре их отверстия и насадил на общую деревянную ось. Под ящиком, в котором были установлены эти стеклянные колокола, была вделана педаль, как у швейных машин. С помощью этой педали, двух шкивов и ремня можно было легко вращать ось с чашками.



Рис. 44.

От прикосновения мокрых пальцев к краям чашек звуки усиливались от нежного шопота до фортиссимо. Люди, слышавшие этот инструмент, уверяли, будто гармония его звуков была удивительно приятной. В 1763 году Франклин подарил свой инструмент англичанке мисс Девис в Филадельфии, которая показывала его в 1765 году сначала в Англии, затем во Франции и Германии, но с тех пор инструмент этот пропал бесследно.

Звуковые фигуры Хладни. В театрах, чтобы представить на сцене звон церковных колоколов, употребляют обыкновенно длинные стальные пруты или свободно висящие листы железа. Мы знаем уже о колебаниях струн и деревянных палочек, поэтому нам легко представить себе и колебания железных прутов. Что же касается же-

лезных плит, то здесь явление гораздо более сложное. Только благодаря интересным исследованиям физика Хладни мы имеем точные данные по этому вопросу. Вот как рассказывает сам Хладни о своих опытах:

«Я нигде не мог найти научного объяснения разного рода колебаниям и звучности тел. Между прочим, я заметил, что маленькая стеклянная или металлическая пластинка, подвешиваемая в разных точках, издавала различные звуки, когда я ударял по ней. Я захотел узнать причину этого различия звуков. Должен добавить, что тогда никто еще не производил исследований в этой области.

Я зажал в тиски латунный кружок от шлифовальной машины за находившийся посредине него шип и заметил, что скрипичный смычок заставляет его издавать различные звуки в зависимости от места, где прикасается смычок. Наблюдения Лихтенберга над узорами смоляной пыли, получающимися на стеклянных или смоляных пластинках под влиянием электричества, навели меня на мысль, что различные колебания моего кружка тоже обнаружатся, если посыпать его песком или чем-нибудь вроде этого. Когда я привел свою мысль в исполнение, то действительно получил при таких опытах звездобразные фигуры».

Если вы захотите повторить опыт Хладни, возьмите какую-нибудь стеклянную или, еще лучше, латунную квадратную пластинку со стороной сантиметров в 30 и толщиной в 1—2 миллиметра. Неровная или надтреснутая пластинка для опыта не годится.

В центре пластинки просверлите отверстие диаметром в 6 миллиметров. Чтобы пластинка могла звучать, ее надо прикрепить к чему-нибудь твердому только серединой. Привинтите ее к небольшой деревяшке, а деревяшку зажмите в тиски, привинченные к столу (рис. 45). Чтобы дать возможность пластинке свободно колебаться, под головку винта подложите предварительно плоский кусочек пробки. Покройте теперь пластинку черным лаком, хорошенько натрите смычок канифолью и медленно водите им, как показано на рисунке, вверх и вниз, осторожно нажимая. Может быть, не сразу, но вскоре вы вызовете чистый звук, правда, не особенно приятный.

Сквозь сито насыпьте на пластинку мелкий песок. Насыпать постарайтесь поровнее, но не очень густо. Водите смычком по одному

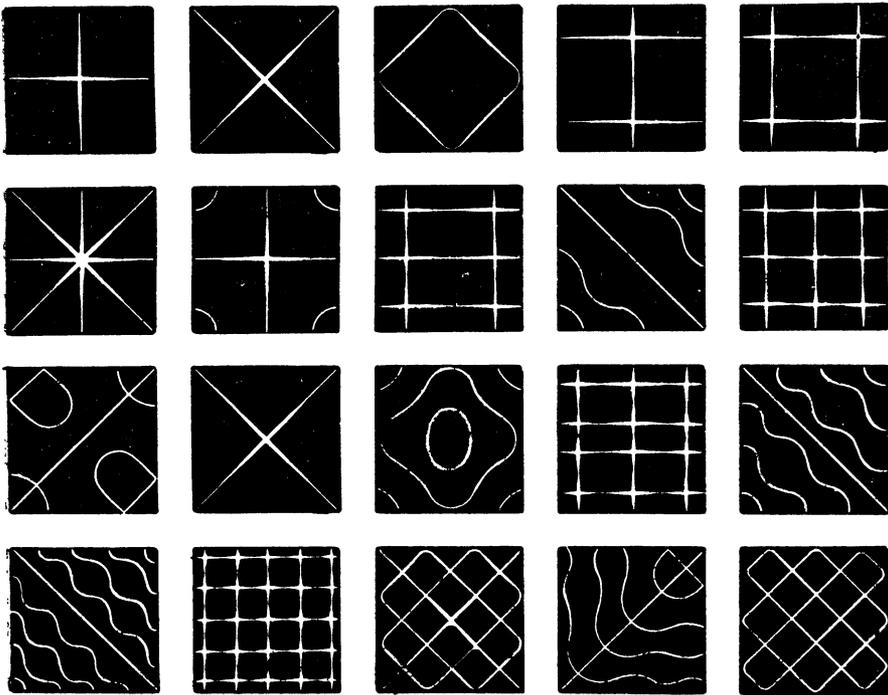
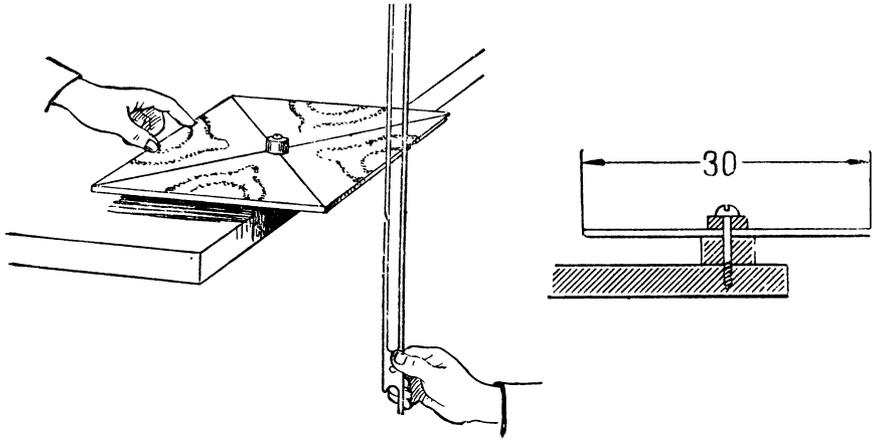


Рис. 45.

из краев пластинки, а пальцем другой руки дотроньтесь до противоположной стороны. На колеблющейся поверхности пластинки песчинки будут подпрыгивать, и, наконец, когда звук пластинки установится, песок будет симметрично лежать на ней в виде какой-нибудь фигуры. Если вы держали пальцем посредине края пластинки, противоположного смычку, песок на ней ляжет двумя линиями так, что разделит пластинку на 4 квадрата. Если вы будете держать за угол пластинки, песок покроет ее по двум диагоналям.

Правильность фигуры зависит от чистоты тона, который дает пластинка. Если тон скрипучий, неприятный и неясный, фигура ясно не обозначается. Но зато, имея пластинку, дающую ясный и чистый тон, вы можете «рисовать» на ней фигуры удивительно точные и разнообразные.

Фигуры образуются оттого, что не все точки пластинки колеблются от прикосновения смычка. Те участки, которые придерживаются пальцами, не двигаются, а другие быстро и сильно колеблются. Песок соскальзывает с колеблющихся точек и остается на неподвижных местах, образуя линии фигур.

Если вы будете нажимать на пластинку двумя пальцами на равных расстояниях от середины одной стороны (рис. 45), а смычком водить посредине противоположной стороны, вы получите фигуру, изображенную на том же рисунке. Наблюдая за фигурами при различных положениях пальцев на пластинке, вы заметите, что, как только меняется положение пальцев, изменяется звук и сейчас же изменяется расположение песка на пластинке.

Простые фигуры вызываются низкими басовыми нотами; более сложные образуются при высоких нотах.

Мы уже много говорили о звуковых колебаниях, и теперь нам нетрудно объяснить появление фигур Хладни.

Высокие звуки вызываются быстрыми колебаниями. Эти колебания могут совершать только малые колеблющиеся плоскости. Поэтому в них образуется большое количество неподвижных точек. Само собой понятно, что разные пластинки дают разные фигуры. Опыт можно производить не только с квадратной, но и с круглой и многогранной пластинками.

В нижней части рис. 45 показаны звуковые фигуры Хладни, полу-

ченые при опытах с квадратной пластинкой. Там показаны только самые простые фигуры из бесчисленного множества фигур, полученных Хладни. Чем выше то́н пластинки, тем более сложной получается фигура и тем поразительнее скорость появления ее.

Поющая водяная струя. Два предшествовавших опыта требовали довольно много приспособлений. Зато опыт с водяной струей много проще. Найдите медную трубку диаметром в 2 сантиметра и длиной в 20 сантиметров, кусочек резины от игрушечного воздушного шара и еще один обрезок медной трубки длиной в 3 сантиметра и диаметром в 1,5 сантиметра. В длинную медную трубку впаяйте сбоку, отступя на 3 сантиметра от верхнего конца (рис. 46), заготовленную короткую трубку. Эта трубка нужна нам для надевания на нее воронки из картона.

Воронку с диаметром раструба в 10 сантиметров склейте из картона. С узкой стороны ее приклейте ободок шириной в 1,5 сантиметра и наденьте этим

ободком воронку на выступающий конец тонкой трубки. Верхний конец толстой трубки немного расширьте, затяните его резиной и привяжите ее толстой шерстяной ниткой. Бортик на этой трубке нужен для того, чтобы резиновая перепонка не соскакивала с трубки.

Это приспособление установите на подставку так, чтобы конец трубки с резиновой пленкой — мембраной — был наверху. Трубку

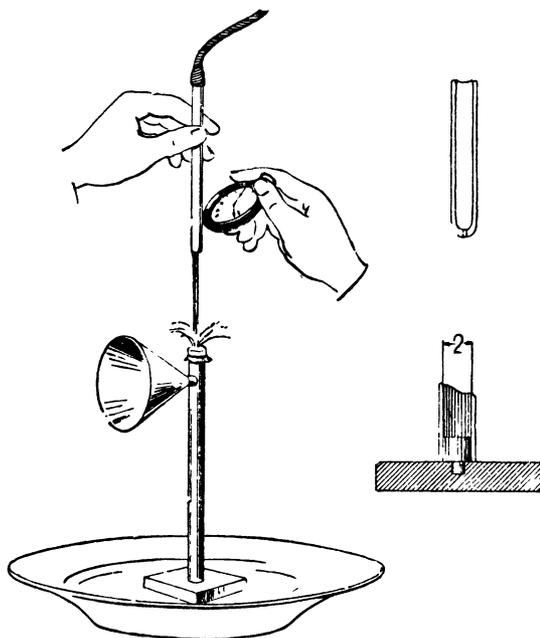


Рис. 46.

можно укрепить на подставке или с помощью шпешька, как показано на рис. 46, справа, или просто врезать ее в подставку.

Вот и все приспособление.

Чтобы понять действие прибора, вспомним самое обыкновенное явление, всякому известное: если чуть-чуть открыть кран какого-нибудь сосуда с водой, вода будет вытекать по капле. Попадая на бумагу, капля издает ясно слышимый короткий звук. Капли обычно падают равномерно, через известный промежуток времени, и если бы они падали часто, то падение их вызывало бы приятный тон, так как звук образуется из частых ритмичных толчков воздуха.

Однако, достигнуть такого быстрого падения капель, чтобы услышать тон, невозможно. Если вы чуть больше откроете кран, капли сольются в струю.

Но все же, пользуясь каплями, падающими из крана, можно сделать несколько интересных наблюдений.

Если вы будете поднимать бумагу или тонкий картон постепенно все ближе к крану, удары капель будут слышны все слабее и слабее, и на известной высоте их не будет слышно совсем. Наш прибор с резиновой мембраной действует так же, как бумага или кусочек картона, только это более тонкое приспособление. Каждый тихий удар по резине очень хорошо слышен потому, что он усиливается воронкой. Капли, падающие на резину, слышны во всей комнате, будто слабые удары молота по наковальне.

Но для нашего опыта нужны не капли, а тонкая струя.

Для получения струи воспользуемся стеклянной трубкой с узким отверстием на конце. Сделайте его так: трубочку (она должна быть диаметром в 3 миллиметра) ровно обрежьте и поддержите конец ее на огне спиртовой лампочки, слегка поворачивая до тех пор, пока стенки начнут плавиться и отверстие станет закрываться. Тогда выньте трубку из огня и быстро и сильно подуйте в нее. Таким способом вы получите круглое отверстие диаметром примерно в 1 миллиметр (рис. 46, вверху).

Воду в трубочку пускайте из сосуда, установленного, например, на шкафу. Сквозь тонкое отверстие трубки пойдет довольно сильная струя. Трубку держите отвесно. Направьте струю на резину. Сначала шум падения струи будет довольно сильным, но по мере того как вы

станете приближать трубку к резине, громкий звук перейдет в глухой, и, наконец, струя станет падать беззвучно.

Теперь мы добрались до самого интересного в нашем опыте. Мы можем показать, насколько чувствительна струя ко всяким звукам, как под влиянием звука она даже рассыпается на капли. Особенно замечательно то, что струя распадается на капли в такт колебаниям звуков. Приложите, например, к стеклянной трубке ножку камертона «ля», дающего 435 колебаний в секунду. Тогда капли на мембране будут петь в тон камертону и воронка настолько усилит их пение, что придется заткнуть уши.

Изобретатель этого прибора Грахам Белл называл его водяным микрофоном. Это действительно микрофон, удивительно усиливающий слабые звуки.

Автор этой книги пытался заставить струю передать разговор. Для этого он приспособил к трубке, из которой вытекала вода, другую воронку и стал в нее говорить. Струя действительно «заговорила», но так неясно, грубо и таким ужасным голосом, что присутствующие поскорее заткнули уши.

Хорошо отрегулировав струю, можно дать возможность большой аудитории услышать тиканье карманных часов. Этот опыт показан на рисунке.

Пламя, отзывающееся на звуки. Это открытие сделано в 1857 году Леконтом. Послушайте, что он говорит об этом:

«Я был в одном обществе, которое собиралось послушать музыку. Исполнены были некоторые трио Бетховена на фортепиано, скрипке и виолончели. На стене комнаты, близ рояля, были зажжены два газовых рожка. Оба огня горели ярко. Окна были закрыты, и воздух совершенно спокоен.

Вскоре я заметил, что, как только начиналась игра, огонь рожков начинал колебаться. Колебания его согласовались со звуковыми колебаниями. Особенно заметны были колебания огня, когда усиливались звуки виолончели. Удивительно интересно было наблюдать, с какой поразительной точностью передавали огненные языки даже трели виолончели».

Мне тоже удалось однажды сделать очень интересное наблюдение в своем рабочем кабинете, который освещается газовой горелкой из пяти рожков. Когда я, сидя за письменным столом, разорвал довольно прочную бумагу, вдруг на одно мгновение в кабинете сделалось светлее. Сначала я думал, что это мне показалось, но каждая новая проба давала такие же результаты. Тогда я понял, что это явление происходит от восприимчивости огня к звуку. Я попробовал брэнчать связкой ключей и убедился, что на этот звук отзывается только один из пяти рожков горелки. Когда эти четыре рожка были завинчены, огонь пятого стал еще восприимчивее. Это показывает, что давление газа имеет большое значение. Но не каждый вечер огонь одинаково отзывался на звуки.

Сейчас в квартирах уже нет газового освещения; оно давно заменено электрическим, и опыты, которые наблюдали Леконт и автор этой книги, можно сделать иначе. Конечно, это могут сделать не все, а только те, у которых в квартире проведен газ.

В продаже иногда бывают газовые горелки, которые устанавливаются отдельно, и к ним газ подводится резиновыми трубками. Такие горелки очень хороши для наших опытов. Только помните, что с газом нужно обращаться с очень большой осторожностью.

Если не достанете готовой горелки, можете сделать ее сами. В магазине химической посуды нужно достать склянку, имеющую отверстие сбоку. В это отверстие вставьте пробку с короткой стеклянной трубкой. На стеклянную трубку наденьте резиновую и присоедините ее к газовой плите. В верхнее отверстие склянки можете вставлять трубки с различными отверстиями.

Такая простая самодельная газовая горелка показана на рис. 47.

Когда пустите газ в эту горелку, не торопитесь зажигать ее. Дайте газу вытеснить весь воздух из склянки, а то там образуется смесь газа с воздухом, которая при зажигании может взорваться.

Но, чтобы газ в такой горелке лучше горел, к нему нужно все время подмешивать немного воздуха. На 2—3 сантиметра ниже верхнего отверстия трубки сделайте сбоку одно-два отверстия и наденьте на трубку широкое кольцо. Передвигая его, можно будет открывать отверстия больше и меньше, изменяя этим подачу воздуха. Если вы осмотрите трубку газовой плиты, подводящую газ к горелке, вы

увидите, что в ней снизу тоже есть отверстие, которое закрывается заслонкой. Обычно к этой заслонке прикреплен стержень и выведен к крану горелки, чтобы удобно было регулировать пламя, приспособляясь к давлению газа, подаваемого с завода.

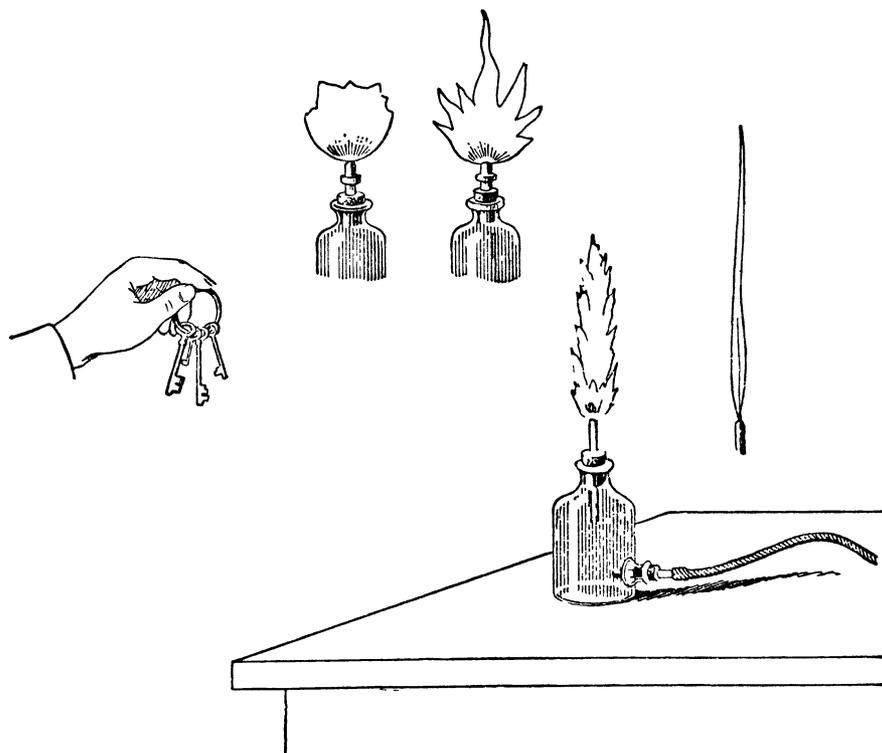


Рис. 47.

Когда зажжете горелку, попробуйте хлопнуть в ладоши, свистнуть, потрясти связкой ключей, бить молотком по жести, разрывать бумагу — и вы увидите, что какой-либо из этих звуков, а может быть и не один даже, заставит отзываться пламя горелки. Только горелка обязательно должна давать длинное остроконечное пламя; с широким шипящим пламенем эти опыты не будут удаваться.

Огонь некоторых горелок улавливает малейшие звуки и сейчас же

принимает вид взъерошенной метлы. Огонь иногда до того чувствителен, что трудно удержаться от смеха, а он и смех сейчас же передразнивает.

Известный английский физик Тиндаль говорил, что некоторые отдельные слоги речи огонь улавливает едва заметным кивком вперед, при других он склоняется более решительно и, наконец, при третьих делает глубокий поклон, оставаясь глухим к остальным звукам. Если вы будете произносить перед ним гласные, то на «у» он не обратит внимания, на «о» едва-едва ответит, на «а» очень мало; зато «е» и особенно «и» приведут пламя в нервное состояние и заставят его съежиться.

Чуткость огня дает возможность науке исследовать разницу в звуках.



Глава третья

ОПЫТЫ С ТЕПЛОТОЙ

Самое наглядное свойство теплоты заключается в способности вызывать расширение всяких тел — твердых, жидких и газообразных. Но твердые и жидкие тела, взятые в одинаковых объемах, при одинаковом повышении температуры расширяются одни больше, другие меньше, в зависимости от вещества, из которого они состоят; газообразные вещества расширяются от теплоты все почти совершенно одинаково, независимо от того, какой газ нагревается. Эту разницу в свойствах тел нужно всегда иметь в виду.

Металлический термометр. Возьмите полоску листового железа шириной в 2 сантиметра и длиной в 30 сантиметров и такую же полоску листовой меди, вылудите их и вылуженными сторонами наложите одну на другую. Зажмите их тисками или клещами и нагрейте, чтобы полуда расплавилась. Полоски спаяются вместе, образовав одну. Когда спаянные полоски будут остывать, они согнутся. Выпрямьте их легонько молотком.

На рис. 48 видно, как собирается металлический термометр. Конеч

спаянной полоски металла прижат гирей к ящику. Почти вся полоска висит свободно. Если под этой полоской водить спиртовой лампочкой, пластинка начнет сгибаться, всегда в сторону медной полоски.

Этот опыт показывает, что при одинаковом нагревании железо расширяется сильнее, чем медь. Чем толще металлические полоски, из которых составлена пластинка, тем дольше ее нужно нагревать, чтобы она согнулась. Это понятно, потому что источник тепла и температура нагревания предмета находятся в таком же отношении, как вода в

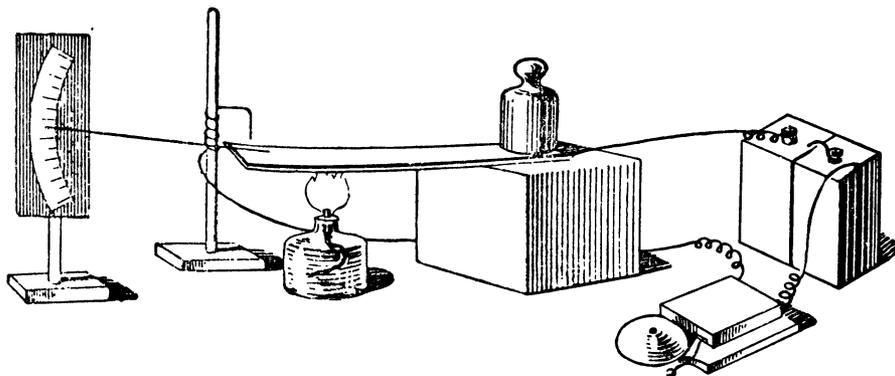


Рис. 48.

котле и образование пара. Чем больше котел, тем дольше не закипает в нем вода, а в маленькой кастрюльке вода закипает быстрее на таком же огне.

Маленькое тело нагревается быстрее, чем большое, или, иначе говоря, на большое тело должно быть потрачено большее количество теплоты для достижения определенной температуры, чем на маленькое.

Если вы хотите, чтобы пластинка из двух металлов была очень чувствительной, возьмите для нее металл потоньше и обрежьте ее поуже. Если полоска достаточной длины и к концу ее приделана стрелка-указатель, которая движется по делениям шкалы, вы можете следить за температурой в комнате. Это будет инструмент, который можно назвать «металлическим термометром». Этот самодельный термометр сравните с хорошим ртутным и нанесите градусы на шкалу.

Металлический термометр может служить и как термометр сиг-

нальный. Подведите один провод от батареи к пластинке, другой провод батареи соедините с одним из зажимов электрического звонка, а второй провод от второго зажима звонка укрепите над пластинкой или под ней, смотря по тому, при какой температуре, низкой или высокой, должен зазвонить звонок. Когда температура повысится, пластинка прикоснется к проводу, ток замкнется и звонок зазвонит. Передвигая провод, расположенный над пластинкой, вверх или вниз, вы можете заставить термометр давать сигналы при любой температуре.

Воздушный термометр. До определенной температуры можно пользоваться и расширением воздуха от нагревания. Только построить воздушный термометр гораздо труднее, чем металлический.

В горлышко колбы (тонкостенной бутылки) вставьте с помощью пробки тонкую стеклянную трубку и хорошенько залейте соединение сургучом. Поставьте этот прибор, как показано на рис. 49, так, чтобы нижний конец трубки опускался в сосуд с подкрашенной водой.

Если вы теперь возьметесь за колбу теплыми руками, воздух, находящийся в ней, расширится от нагревания и пузырьками будет выходить через жидкость. Если руки убрать, колба остынет, воздух в ней сожмется и окрашенная вода поднимется по трубке. Едва вы дотронетесь до колбы руками, водяной столб сейчас же опустится.

Этот прибор настолько чувствителен, что даже приближение руки к колбе и небольшие колебания комнатной температуры оказывают влияние на высоту столбика воды.

Казалось бы, что очень просто поставить за трубкой шкалу и разметить ее, сравнив с показаниями ртутного термометра. Но если сделать так, окажется, что воздушный термометр ежедневно дает разные показания, даже и при одной и той же температуре, так как высота водяного столба в трубке так же находится под влиянием изменяющегося атмосферного давления, как и столб ртути в барометре. Если же вы, кроме показаний шкалы, сумеете принять в расчет и воздушное давление, тогда показания воздушного термометра будут довольно точными.



Рис. 49.

Вертящаяся змея. Об этом маленьком опыте можно было бы рассказать в главе о механике, но с таким же правом его можно рассматривать и как пример действия теплоты; он мог быть помещен также и в главе о летательных аппаратах.

Нагретый воздух расширяется; литр теплого воздуха весит меньше, чем литр холодного. Более легкое тело всегда стремится подняться в более тяжелой среде, если оно, как воздух в воздухе, может свободно двигаться во второй среде. Неудивительно поэтому, что в комнате и на дворе воздух находится в постоянном движении. Около печки воздух поднимается к потолку, растекается под потолком, затем опускается вдоль отдаленных стен и опять идет над полом к печке.

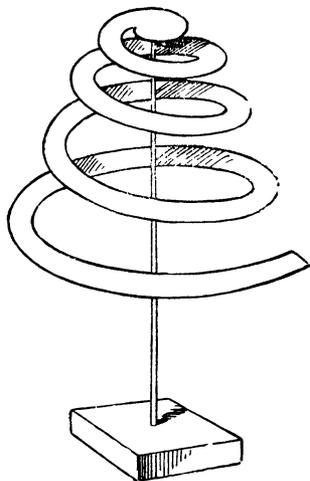


Рис. 50.

Во дворе воздух, нагретый солнцем, поднимается, а на его место притекает холодный воздух из затененных мест.

Движение нагретого воздуха вверх можно легко обнаружить на опыте. Нарисуйте на бумаге кружок диаметром в 10 сантиметров. В этом кружке начертите спиральную линию; от одного витка спирали до другого должно быть расстояние примерно в 1 сантиметр. Вырежьте эту спираль, и, если вы возьмете ее за центр, она растянется, будто проволочная скалка для сбивания яичных белков.

Центральный кружок спирали сложите два раза пополам под прямым углом. Тогда образуется маленькое углубление, которым спираль можно надеть на вязальную спицу. Другой конец спицы воткните в маленькую деревянную дощечку (рис. 50) и поставьте этот прибор на карниз печи или на край стула, придвинутого к печке. Спираль тотчас начнет вертеться, так как поднимающийся кверху воздух, скользя по наклонным кольцам спирали, толкает ее.

Получение теплоты без огня. Солнце — источник тепла и света для земли. Все другие источники теплоты на земле очень незначительны

по сравнению с могучим действием солнечных лучей. Если бы солнце померкло, это было бы смертным приговором всем растениям и животным земли. В короткое время невообразимые ледяные массы погребли бы под собой все живущее, от полюсов до экватора.

Но и искусственные источники тепла появились на земле под действием солнечных лучей.

Много миллионов лет назад, когда на расплавленном земном шаре стала образовываться твердая кора, сквозь щели этой коры вырывался огонь и громадные вулканические извержения выбрасывали пылающую лаву. Эти извержения сделали возможным существование растительной жизни на земле. Каждый вулкан, кроме других газов, выделяет громадное количество углекислого газа, а он служит главной пищей для растений. Поэтому в следующий геологический период развития земли рост растений был таким бурным, как никогда с тех пор. Земля походила тогда на чудовищную оранжерею. Грозные облака окутывали землю со всех сторон и орошали ее страшными ливнями. Солнечные лучи с трудом пробивались сквозь облака и с трудом освещали землю. Но температура земли была все же очень высокой и воздух насыщен парами. Под влиянием теплоты и влажности травы разрастались в огромные деревья, которые, тесня друг друга, образовывали сплошные, непроходимые леса. Великаны-растения гибли, падали на землю и обращались в прекрасную почву для новых, еще больших гигантов.

В ту эпоху на земле происходили страшные землетрясения. Большие площади земли заливались наводнениями, и часто случалось, что эти роскошные леса погребались под землей или затоплялись водой. Их постепенно заносило песком или илом, и они оказались погребенными на многие миллионы лет.

Химические процессы, происходившие под давлением образовавшихся над похороненными растениями пластов земли, превратили древесину в то блестящее черное вещество, которое извлекают теперь из недр земли, — каменный уголь. Когда мы топим печи углем, когда уголь нагревает котлы паровых машин, мы извлекаем из него ту теплоту, которую солнце затратило когда-то на первобытные леса.

С течением времени кора земли становилась постепенно все толще и толще, но и сейчас еще на большой глубине земля сильно нагрета.

Это доказывают извержения вулканов, горячие источники и высокие температуры глубоких шахт. Чем глубже забирается человек в землю, тем теплее становится в шахте.

Все искусственные источники теплоты, конечно, ничтожны по сравнению с запасами тепла внутри земли. Но без наших искусственных источников мы обойтись не можем.

Добыть теплоту можно различными способами. Одним из древнейших способов было трение. Быстро двигая один кусок дерева по другому, доисторические люди добывали огонь еще двадцать-тридцать тысяч лет назад. Можно получить огонь, ударяя куском стали о кремь. Это огниво. Когда мы зажигаем спичку, она вспыхивает тоже от тепла, возникающего вследствие трения головки спички о коробку. Мы можем поэтому сказать, что механическая работа обращается в теплоту.

Познакомимся поближе с появлением искры при высекании ее огнивом. Оказывается, что искра огнива — это маленький кусочек стали, раскаленный до плавления. В этом легко убедиться.

Положите под искры огнива листок бумаги. Простым глазом трудно разобрать, что за серая пыль оказалась на бумаге. Но, взяв лупу, вы увидите, что бумага усеяна маленькими серо-черными шариками, на поверхности которых ясно видны следы плавления. Вы поразитесь, узнав, что для плавления стали требуется температура в 1400° по Цельсию. Но ведь вы сами видели, что при одном ударе стали о кремь в это короткое время была достигнута такая высокая температура.

Каждому понятно, что нагревание от 15° (температура воздуха в комнате) до 1400° не было подготовлено заранее. Только в момент удара, который продолжается приблизительно $\frac{1}{8}$ долю секунды, температура должна была повыситься от 15° до 1400° . Это значит, что повышение температуры на каждый градус происходило в течение 0,00009 секунды.

Так мы проходим часто мимо поразительных явлений только потому, что привычка видеть их часто мешает нам замечать их.

А что, например, происходит в момент ружейного выстрела? Легкий нажим на спуск заставляет курок, или ударник, воспламенить пороховую массу. Собственно, ударом курка мы не могли бы зажечь порох, но от удара воспламеняется ударная смесь, а через нее и порох (смесь селитры, серы и угля). Одна из мельчайших частиц угля, рас-

каленная добела, передает свой жар ближайшей частице серы и селитры, и от этого в огромном количестве выделяются кислород и азот. Частицы кислорода соединяются с углеродом и образуют углекислый газ. Другая часть соединяется с серой и образует сернистый газ, который осаждается в ружейном стволе и сильно разъедает его.

Такой же процесс совершается со всеми другими зернами пороха. Развивается масса горячих газов, образование которых было вызвано теплотой, и эта масса газов с огромной силой выталкивает пулю из ствола.

Все это происходит в одно мгновение, в какую-нибудь сотую долю секунды, так что при помощи наших грубых чувств мы не в состоянии даже уловить промежуток между ударом курка и блеском ружейного выстрела.

Нагревание химическими способами. Вы знаете, что некоторые вещества соединяются с другими химически, а некоторые не обладают этим свойством. При одних химических соединениях вещества нагреваются, при других они, напротив, охлаждаются; химики называют эту теплоту теплотой соединения.

Вам известно, какой жар вызывается гашением извести. Если вы положите яйцо в нетолченную сухую негашеную известь и нальете на нее воды, яйцо очень быстро сварится вкрутую. Сухая известь вытягивает из воздуха так много сырости, что на ее поверхности может воспламениться кусочек фосфора или серы, можно растопить воск или соль. Если вы смешаете одну часть холодной воды с четырьмя частями серной кислоты, вода дойдет до температуры кипения.

Этот опыт (рис. 51) требует большой осторожности. Запомните непре-



Рис. 51.

менно, что никогда нельзя лить воду в кислоту. Обязательно надо вливать кислоту в воду и делать это очень осторожно, непрерывно размешивая воду стеклянной палочкой. Если несколько капель воды попадают в кислоту, вода так быстро нагревается и испаряется, что происходит взрыв, разбрызгивающий кислоту. Если капли кислоты попадут на руки или на лицо, получатся очень болезненные раны. Кислота проедает также платье, если только не вывести сейчас же пятно крепким нашатырным спиртом. Свежие пятна от кислоты на платье сейчас же видны. Они красноватого цвета. Если вы неосторожно капнете кислоту на материю, сейчас же облейте ее нашатырным спиртом. При работе с кислотой нашатырный спирт всегда надо иметь под рукой.

Для нашего опыта с нагреванием воды толстые стаканы не годятся — они быстро лопаются. Возьмите специальные, так называемые химические стаканы. Лучше поставьте стаканы не просто на стол, а подложите под них сложенную в несколько раз тряпочку.

Чтобы вскипятить воду, налейте ее в пробирку и пользуйтесь пробиркой вместо палочки, когда будете размешивать кислоту. Вода в пробирке должна закипеть, примерно, через полминуты, а если хотите получить эффект очень быстро, налейте в пробирку не воду, а спирт; он закипает гораздо скорее, потому что точка кипения спирта намного ниже, чем воды.

Мы приводим несколько рецептов для получения теплоты без огня. Когда будете пользоваться рецептами, помните общие правила. При растворении твердых веществ воды надо подливать столько, чтобы только вполне растворить их без осадка. А кислоту вливать в раствор надо непрерывно, осторожно мешая все время палочкой. Вливать кислоту сразу нельзя, она должна литься по каплям.

Первый рецепт: 5 частей серной кислоты с раствором 6 частей сухого едкого калия.

Второй рецепт: 5 частей серной кислоты с раствором 4 частей едкого натра.

Третий рецепт: 5 частей серной кислоты с 3 частями сухой (жженой) извести. Извесь нужно предварительно приготовить, залив ее таким количеством воды, какое только она сможет впитать. Затем извесь нужно охладить.

Четвертый рецепт: 5 частей серной кислоты с 7 частями крепкого нашатырного спирта.

Теплота, которая развивается при химических соединениях, иногда приносит пользу, а иногда причиняет большой вред. Свежий навоз, положенный в так называемую «паровую грядку», развивает значительную теплоту, и садовники пользуются этим для ускорения роста растений. Теплота развивается и в сыром сене, сложенном в копну. Попробуйте в деревне осторожно сунуть руку в сложенную за день или два до этого копну свежего сена. Вы сразу почувствуете тепло. Самонагревание сена портит его качество. Еще больше теплоты образуется в обмолоченной соломе. И сырое сено и обмолоченная солома могут даже самовозгораться. Бывало, что большие суда на море загорались без видимых причин, от самовоспламенения грузов. Это случилось и с железнодорожными поездами, груженными свежепрессованным брикетным углем.

Знаете ли вы, что теплота нашего тела тоже объясняется химическими процессами? Воздух, который мы вдыхаем, отличается от того, который мы выдыхаем. Выдыхаемый воздух содержит гораздо меньше кислорода и гораздо больше углекислого газа. Только пропорция азота остается неизменной. Наша кровь циркулирует по всему телу, протекает по бесчисленным разветвлениям кровеносных сосудов. Она отбирает в легких кислород от вдыхаемого воздуха и отдает углекислый газ. Кислород в нашем теле соединяется с углеродом. При этом выделяется значительное количество согревающей нас теплоты.

Можно подумать, что в конце концов в атмосфере всего земного шара кислорода окажется недостаточно. Но в природе происходит непрерывное «исправление» воздуха. Человек и прочие животные поглощают кислород и выдыхают углекислоту, а растения поглощают углерод и выдыхают кислород. Таким образом, мир растительный и мир животный зависят один от другого и поддерживают друг друга.

Нагревание жидкостей сотрясением. Сделаем маленькое вступление к этому опыту. Вы знаете, конечно, что для того чтобы превратить твердое тело в жидкое, его надо нагреть. Лед тает под лучами солнца, воск — от пламени свечи, железо — в плавильной печи. При этом

можно наблюдать замечательное и на первый взгляд непонятное явление. Пока весь кусочек взятого нами вещества не расплавится совсем, температура расплавленной части не поднимается ни на одну сотую градуса. Если у вас есть под руками кусочек льда, химический стакан, спиртовая лампочка и термометр, вы легко в этом можете убедиться.

Поставьте стакан со льдом над огнем лампочки и размешивайте термометром образующуюся в стакане воду. Все время, пока лед тает, ртуть термометра будет стоять на нуле и поднимется только тогда, когда последний кусочек льда перейдет в жидкое состояние. Можно подумать, что это неразрешимая загадка.

Куда же девалась та теплота, которая в огромном количестве была израсходована для того, чтобы расплавить твердое тело? Очевидно, она была затрачена на какую-то другую работу, и поэтому ее не обнаруживал термометр. Действительно, она вся ушла на превращение льда при температуре в 0° в воду с той же температурой 0° . Она обратилась в «скрытую» теплоту, как говорят физики. И она опять может проявиться тогда, когда произойдет обратное: когда вода обратится в лед. При замерзании воды, с наступлением зимы, выделяются громадные количества теплоты. Без этого могли бы сразу наступить свирепые морозы.

Конечно, существование скрытой теплоты обнаруживается не только в случае с водой и льдом. Мы можем наблюдать ее при превращении вещества из твердого состояния в жидкое или из жидкого в твердое.

Нагрейте на спиртовой лампочке кристаллы серноватисто-кислого натра (гипосульфита) в стеклянной колбочке. Серноватисто-кислый натр употребляется как фиксаж при фотографировании. Когда его кристаллики расплавятся в бесцветную жидкость, заткните колбочку ватой и поставьте куда-нибудь, где ее не толкнут. Через несколько часов эта жидкость остынет, но — что замечательно — она не превратится опять в твердое тело. Еще более удивительно то, что достаточно самой ничтожной причины, чтобы расплавленный серноватисто-кислый натр сразу затвердел. При этом выделяется скрытая теплота — та теплота, которая была затрачена на плавление кристаллов.

Если в остывший, но еще жидкий натр вы бросите маленький кристаллик натра, тотчас же из жидкости выпадет второй такой же кри-

сталлик, затем третий, четвертый и т. д. Превращение жидкости в кристаллы произойдет быстрее, чем вы успеете прочесть об этом, и вы не успеете за ростом их числа. Колбочка в это время так сильно нагревается, что до нее трудно дотронуться; некоторые кристаллы даже снова плавятся, и это задерживает полное отверждение жидкости.

Искусственный холод. В предыдущем опыте твердый серноватистокислый натр расплавился и обратился в жидкость. Мы знаем, что для превращения твердого тела в жидкое, а жидкого в газообразное необходима теплота. Источником теплоты у нас была спиртовая лампочка.

Но можно обратить твердое тело в жидкое, а жидкое в газообразное без внешнего источника тепла, используя теплоту самого тела. Тогда это тепло, истратив свою теплоту на обращение в другое состояние, должно охладиться. Мы ощущаем холод даже под лучами солнца, когда выходим из воды после купанья. Среди лета на самом солнцепеке нам становится холодно при свежем ветре. Почему это? Потому что воде, чтобы испариться, необходима теплота, и она берет эту теплоту из нашего тела, и чем быстрее происходит испарение, тем сильнее вода вытягивает из нас теплоту. Поэтому пары легко испаряющегося винного спирта оставляют на теле более сильное ощущение холода, чем вода. Если голого человека облить эфиром на солнцепеке, в самую сильную летнюю жару, он замерзнет. Сильное испарение дает также одеколон, поэтому он так освежающе действует на кожу.

Если из-под колпака воздушного насоса производить очень быстрое откачивание воздуха, то испарение эфира происходит настолько быстро, что вода, вставленная в пробирке в стакан с эфиром, замерзает.

Нетрудно превратить химическим путем твердое тело в жидкое. При этом иногда значительно понижается температура. Вы часто видели, как обмерзшие и покрытые снегом трамвайные пути посыпают солью, и тогда на них тает ледяная корка. При этом обычно никто не интересуется тем, какова температура жидкой смеси соли и растаявшего снега. Оказывается, что эта смесь холоднее снега, из которого она образовалась. Если быстро и хорошо смешать 1 часть снега с $1\frac{1}{2}$ частями соли, температура смеси станет -12° по Цельсию.

Обратить снег в жидкость и достигнуть при этом сильного понижения температуры можно и другим способом. Возьмите на 1 часть воды 4 части серной кислоты. (Не забудьте, что при этом надо кислоту подливать понемногу в воду, а не наоборот.) С этим раствором серной кислоты смешайте в три раза большее количество снега. Снег обратится в жидкость, причем температура его с 0° упадет до -32° . При быстром смешивании 2 частей снега и 1 части хлористого кальция температура падает до $-42,5^{\circ}$ по Цельсию, до температуры ниже точки замерзания ртuti.

Пользуясь поглощением теплоты при растворении тел в воде, тоже можно достигнуть понижения температуры. Наибольшее охлаждение получается, например, при быстром размешивании 1 части порошка нашатыря в 2 частях холодной воды. Стакан при этом немного запотеваает, и рукой можно ощутить охлаждение его.

Очень хорошая охлаждающая смесь получается из 14 частей истолченной глауберовой соли, размешанной в 9 частях азотной кислоты.

Мы укажем сейчас несколько смесей, с помощью которых легко заморозить воду в пробирке. Но при этом соли должны быть хорошо истолчены и размешивать их в растворе надо очень быстро.

Налейте в пробирку воды с температурой $+10^{\circ}$ по Цельсию и этой пробиркой размешивайте смеси:

- 1) смесь 1 части азотно-кислого аммония с 1 частью воды понижает температуру до -15° по Цельсию;
- 2) 1 часть кристаллической соды с 2 частями предыдущего раствора понижает температуру до $-13,8^{\circ}$ по Цельсию;
- 3) раствор 5 частей нашатыря и 5 частей селитры в 16 частях воды дает температуру -12° по Цельсию;
- 4) дешевая смесь: 8 частей толченой глауберовой соли и 5 частей соляной кислоты охлаждают воду до температуры $-17,8^{\circ}$ по Цельсию.

Постепенным охлаждением в разных смесях можно добиться еще большего понижения температуры жидких тел. Смесей, которые мы приводили раньше, также пригодны для этого. Но можно взять и другие: например, 2 части снега, смешанные с 3 частями хлористого кальция, понижают температуру до -30° по Цельсию. А если эту смесь в тонкостенном стакане опустить в смесь из 3 частей снега с 2 частями хлористого кальция, тогда оба раствора дадут температуру -42° .

Если таким же образом охлаждать азотную кислоту и снег, температура уже после первого замерзания упадет до -30° по Цельсию. 8 частей снега и 10 частей разбавленной серной кислоты, предварительно охлажденные в такой же смеси, дают при смешении понижение температуры до -55° .

Дальнейшее понижение температуры жидких тел такими путями невозможно, потому что жидкости замерзают. Но для большего понижения температуры есть другие средства.

Искусственный туман. Слово «искусственный», может быть, здесь не вполне удачно, так как наш туман — настоящий, ничем не отличающийся от того тумана, который появляется над сырыми лугами и озерами. Но никто, вероятно, не видел тумана в бутылке, и получить его там — своего рода фокус, но при знании физики фокус нетрудный.

Если вы, производя опыты с охлаждением жидкостей, внимательно следили за ними, вы, должно быть, заметили, как сильно запотевают наружные стенки стаканов и банок, как они покрываются бесчисленным множеством очень мелких водяных капелек. Такое же явление мы часто наблюдаем на стеклах окон, особенно зимой. Откуда берется эта вода? И почему она осаждается на стекле?

Можно сделать только одно предположение: вода эта находилась в воздухе. При этом, конечно, вода была там не в жидком, а в газообразном состоянии. Вода испаряется с поверхностей морей и рек, с земли, с деревьев и трав, но при небольшом понижении температуры пар этот снова превращается в воду. После жаркого дня миллиарды водяных капель оседают в прохладную ночь на траве, кустах и деревьях, на всех предметах. Эти осевшие водяные капли мы называем росой.

Если в теплую комнату внести графин с холодной водой, графин так же покроется росой, как трава на лугу. Если в воздухе много водяных паров, тогда достаточно самого незначительного понижения температуры для образования водяных пузырьков и росы.

Наблюдатели заметили определенную точку (для каждого данного количества паров воды в 1 кубическом метре воздуха), до которой должна понизиться температура для образования тумана и росы. Она

называется «точкой росы». Эта точка в каждом месте земли изменяется в различные времена года и в различные часы дня.

Как определить точку росы?

Налейте в тонкий стеклянный стакан чуть теплой воды и поставьте его в тень на открытом воздухе. Затем бросьте в воду кусочек льда. Мешайте ее термометром и следите за понижением температуры; при этом следите внимательно за наружными стенками стакана. Вы увидите, что в некоторый момент он начнет покрываться тонким слоем росы. Не прозевайте и заметьте показания термометра. Это и есть точка образования тумана.

Разница между температурой, при которой образовалась роса, и температурой наружного воздуха бывает то больше, то меньше. Но вы увидите, что, если она очень незначительна, самое небольшое дальнейшее понижение температуры вызывает уже образование дождя.

Если барометр стоит низко, а разница температуры наружного воздуха и температуры, при которой запотеваает стакан, невелика, можно с уверенностью предсказать дождь. Воздух может стать холодным не только потому, что солнце заволокло тучами. Есть и другие причины.

При нагревании газ разрежается, а когда сжимается, отдает теплоту. Если разрежение происходит без притока теплоты извне, тогда газ расходует на разрежение свою собственную теплоту и охлаждается так же, как рассмотренные нами растворы солей. Если вы сожмете в бутылке газ, температура его повысится. Теперь остудите его, а затем, открыв зажим, сразу дайте ему возможность выйти. Он будет расширяться и вместе с тем охлаждаться. Если сжать в бутылке обыкновенный водяной пар и также дать ему возможность быстро выйти и расширяться, он при этом охладится и тотчас же обратится в дождь или росу.

Интересно, что капельки росы всегда осаждаются на очень мелких предметах (например, весьма малых пылинках).

В чистом воздухе, абсолютно очищенном от пылинок, роса не образуется. Но в обычном воздухе постоянно имеются разные механические примеси, на которые могут оседать водяные капли. Бесчисленное множество капелек, летающих над землей в виде тумана, заслоняет даже свет солнца и делает воздух непроницаемым для зрения.

Но мы уже достаточно много рассуждали; теперь пора перейти к нашему опыту — образованию тумана в бутылке.

Достаньте большую бутылку с пробкой и изогнутой стеклянной трубкой (рис. 52). На эту стеклянную трубку наденьте резиновую так, чтобы можно было через нее вдуть в бутылку воздух.

Перед тем как закупорить бутылку, зажгите небольшой кусочек серы, подержите над ним бутылку горлышком вниз и дайте серному дыму войти в нее. Этим вы создадите, так сказать, «почву» в воздухе для осаждения водяных пузырьков.

Чтобы сделать воздух в бутылке влажным, достаточно бросить в нее кусочек смоченной пропускной бумаги или, лучше, пропустить через горлышко и прижать пробкой мокрую бумажную полоску так, чтобы она висела в бутылке. Затем вдуньте изо всех сил ртом воздух в бутылку и зажмите резиновую трубку. Держите ее зажатой до тех пор, пока температура воздуха в бутылке не сравняется с комнатной температурой. Теперь сразу откройте зажим резиновой трубки.

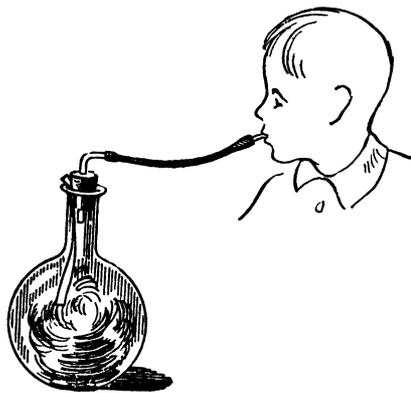


Рис. 52.

Сжатый в бутылке воздух начнет выходить наружу и при этом резржаться, и вы увидите, как бутылка наполнится таким густым туманом, что даже на улицах Лондона, славящегося своими туманами, наверное никогда не видели такого. Даже свою руку вы не увидите сквозь бутылку. Если за ней поставить свечу, то, пока тумана нет, она будет ярко светить сквозь бутылку, но, как только появится туман, вокруг огня образуется лучистый круг, точно в точь как круг вокруг луны в туманную погоду.

Если опять подуть в бутылку, получится неожиданно интересное явление. Сжатый воздух так нагреется, что пузырьки тумана снова обратятся в пар. Сначала в бутылке образуется туча. Она будет подниматься и опускаться: туман волнуется. Наконец, воздух делается чистым и прозрачным. «Погода» в бутылке «прояснилась».

Такой же эффект получается, если поставить бутылку, наполнен-

ную туманом, на солнце в комнате. Вы увидите в миниатюре борьбу солнца с утренними туманами и испарениями, накопившимися за холодную ночь.

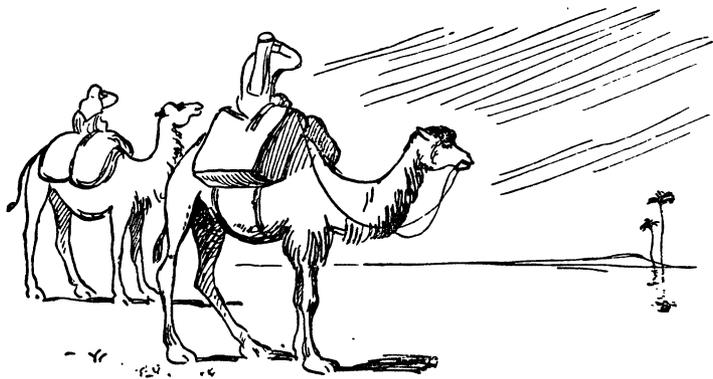
Вы видели, что при разрежении воздуха происходит охлаждение. Этим именно и пользуются для достижения наиболее низких температур. Достигнуть большого охлаждения домашними средствами почти невозможно, но вам, вероятно, интересно знать, какую низкую температуру можно получить, постепенно разрежая газы.

Представьте себе 5 или 6 стальных шаров с очень крепкими стенками. У каждого шара должен быть кран, устроенный так, что он выпускает воздух внутрь, но не выпускает наружу. В эти шары мощными нагнетательными насосами накачивается воздух до давления в несколько сот атмосфер. Шары со сжатым воздухом охлаждаются смесью вроде тех, которыми мы пользовались. Затем открывается кран одного шара, и вырывающийся из него воздух направляется на другой шар. Вырвавшийся из первого шара воздух очень быстро разрежается, температура его понижается, и это сильно охлаждает воздух во втором шаре.

Как только из первого шара выйдет весь сжатый воздух, открывается кран второго шара, и струя сжатого воздуха из него направляется на третий, из третьего — на четвертый и т. д. Таким образом, в последнем шаре получается такая низкая температура, при которой замерзает алкоголь, а некоторые газы, которые с величайшим трудом обращаются в жидкости, превращаются в твердые тела. Так, например, твердым становится углекислый газ. Правда, для обращения в твердое тело углекислого газа достаточно только двух шаров.

В настоящее время пользуются для получения низких температур гораздо более сложными аппаратами, основанными, однако, приблизительно на таком же принципе.

Самая низкая температура, достигнутая до сих пор (голландским физиком Хаазом в 1935 году), — это $-272,985^{\circ}$ по Цельсию.



Глава четвертая

ОПЫТЫ СО СВЕТОМ

Солнечные часы. Попробуйте проследить за своей тенью на открытом воздухе в различные часы дня и разные времена года. Тень не остается неподвижной, она как будто ползет вокруг нас. Утром она падает по направлению к западу, в полдень — к северу, вечером — к востоку, и, если бы лучи солнца не заслонялись земным шаром, в полночь тень падала бы к югу.

Если вы наблюдали за тенью в полдень в разные дни, вы замечали, как изменяется ее длина. Зимой тень длиннее всего, летом самая короткая, а дважды в год — в начале весны и осенью — длина ее одинаковая: меньше зимней и больше летней.

Длина и направления тени зависят от положения земли по отношению к солнцу. Вращаясь вокруг солнца, земля попеременно подставляет к нему больше то северное, то южное полушарие. Так как мы не ощущаем движения земли, нам кажется, будто солнце описывает на небе дуги — зимой меньшие, а летом ббльшие.

Всегда говорят, что солнце всходит на востоке и заходит на западе. Это не совсем верно. Все дуги, описываемые солнцем в различные времена года, имеют разную длину. Зимой солнце всходит в точ-

ке горизонта, лежащей между востоком и югом, к полудню оно невысоко поднимается над южной стороной горизонта и вечером заходит между югом и западом.

Самая короткая дуга солнца в нашем северном полушарии 22 декабря. В эти сутки мы имеем самый короткий день и самую длинную ночь в году. С 22 декабря дуга, по которой движется солнце, расширяется и поднимается. Концы ее приближаются к востоку и к западу. Наконец, 21 марта солнце всходит точно на востоке и заходит точно на западе: 12 часов оно движется над горизонтом и 12 часов под ним. Следовательно, день равен ночи. Поэтому 21 марта называют временем весеннего равноденствия. В полдень солнце всегда оказывается точно на юге, совершив к этому моменту половину пути. Отсюда ясно, что 21 марта оно всходит ровно в 6 часов утра и заходит ровно в 6 часов вечера.

К лету дуги солнца все увеличиваются. Дневной путь солнца делается теперь продолжительнее ночного. Наступает, наконец, самый долгий день и самая короткая ночь — 21 июня. В это время солнце всходит в точке горизонта, лежащей между востоком и севером, а заходит между западом и севером. Понятно, что в это время на другой половине земного шара явления идут в обратном порядке.

Потом дни начинают укорачиваться, а ночи удлиняться. 23 сентября снова наступает равноденствие, называемое осенним.

После 23 сентября дни все продолжают укорачиваться, пока, наконец, не наступят самый короткий день и самая длинная ночь. Это происходит 22 декабря, после чего все изменения продолжительности дня и ночи повторяются в прежнем порядке.

Полуднем называется тот момент времени, когда солнце, находясь на юге, занимает самое высокое положение в небе.

Наши солнечные сутки — это время, протекающее между двумя соседними полднями. Продолжительность солнечных суток в течение года непрерывно изменяется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. В наших измерениях времени мы пользуемся некоторой средней величиной солнечных суток за год, так называемыми средними солнечными сутками. Средние солнечные сутки разделили на 24 равные части и каждую часть назвали «часом».

Механизмы, указывающие время суток, называются часами. Про-

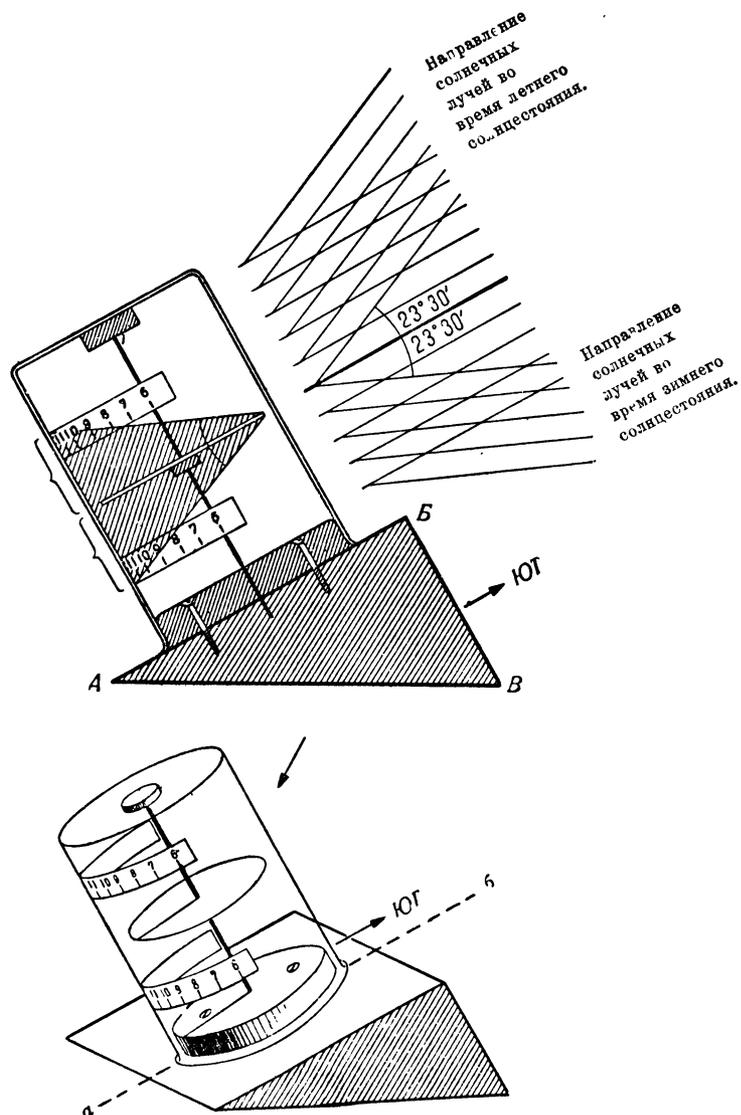


Рис. 53. Угол A равен 90° минус широта места наблюдения (для Москвы он равен $90^{\circ} - 55^{\circ}45' = 34^{\circ}15'$). Угол B всегда равен 90° . Угол γ равен широте места наблюдения (для Москвы — $55^{\circ}45'$).

стейшие и самые верные часы, конечно, такие, показания которых зависят от положения на небесном своде освещающего их солнца. Недостаток таких часов в том, что ими можно пользоваться только днем, и то при ясном небе. Солнечные часы можно построить очень просто.

Возьмите большой химический стакан, немного картона и бумаги, вязальную спицу и толстую деревяжку. Это все, что нам нужно. Стакан должен быть в 15 сантиметров высоты и 8 сантиметров в диаметре. На рис. 53 вверху показан схематический чертеж солнечных часов, а внизу — общий вид их. Вы видите, что стакан установлен на деревянной подставке под определенным углом к горизонту. Размер подставки зависит от величины стакана, а углы ее треугольного сечения от того, в каком месте земного шара установлены часы. Верхний угол всегда равен 90° , а углы, прилежащие к основанию, изменяются в зависимости от широты места наблюдений.

Угол B должен быть равен широте места наблюдения; угол A равен 90° минус угол, равный этой широте. В астрономических календарях всегда имеются данные о широте крупных городов. Если вы не находитесь в одном из таких центров, то воспользуйтесь географической картой, на которой имеется место вашего наблюдения, и по ней приблизительно установите его широту. Для Москвы, например, угол B (широта) равен $55^\circ 45'$, а второй угол A равен $90^\circ - 55^\circ 45' = 34^\circ 15'$. Выверить углы A , B и B можно по транспортиру. Если вы повернете подставку более крутой стороной точно к югу, тогда верхняя плоскость ее будет параллельна полуденным лучам во время равноденствия.

Для того чтобы стакан держался на подставке, выпилите деревянный кружок по внутреннему диаметру стакана и проделайте в самом центре этого кружка маленькое отверстие для спицы. Край кружка оклейте материей и установите его в середине подставки. В центр кружка вклейте на сургуче или шеллаке спицу и на нее наденьте картонный или жестяной кружок. Жестяной кружок надо припаять, иначе он будет спадать. Когда будете укреплять кружок, следите за тем, чтобы он был расположен точно перпендикулярно к спице. На другой конец спицы наденьте обрезок пробки. Приклейте его ко дну стакана, когда окончательно будете собирать весь прибор. Так будет укреплен второй конец спицы. Тень от спицы будет ложиться на стенки стакана, и, чтобы узнавать время, нужно сделать циферблат.

Возьмите две полоски бумаги шириной в 1,5 сантиметра каждая. Две полоски нужны потому, что зимой лучи солнца будут светить под кружок на спице, а летом сверху его; значит, тени будут падать то под ним, то над ним. Чтобы часы верно показывали время, надо очень аккуратно разграфить полоски и наклеить их на стакан в точно определенном месте.

Сначала вычертите на бумаге в натуральную величину схематический чертеж стакана со спицей и кружком, как сделано на рис. 53 вверху. Потом от края кружка отложите вверх и вниз углы в $23,5^\circ$. В точках пересечения этих линий с противоположной стенкой стакана должны прийти края бумажных полосок циферблата. Они должны быть наклеены на стенки стакана изнутри. Перенеся размеры с чертежа на стакан, можно точно наклеить на него бумажные полоски. Если всю эту работу вы сделаете аккуратно, ваши часы будут точно работать и в самый длинный и в самый короткий день.

Полоски для циферблата вырежьте лучше всего из прозрачной бумаги — кальки. Длина их должна быть точно равна половине внутренней окружности стакана. Эти полоски разделите на 12 равных частей и проставьте на них цифры: в середине 12, вправо 11, 10, 9, 8, 7, 6; влево 1, 2, 3, 4, 5, 6. Для упрощения работы можно вырезать сначала одну полоску бумаги шириной в 3 сантиметра, а потом, уже после того как нанесены деления, разрезать ее вдоль пополам.

Чтобы верно наклеить полоски, надо сначала, еще до привинчивания кружка, на который надевается стакан, сделать на подставке маленькое углубление для конца спицы и через центр этого углубления провести линию *ab*, перпендикулярную к краям подставки. Потом, когда установите спицу на место, поставьте на расстоянии 2 метров от подставки зажженную свечу с той стороны, с которой показан юг. Свечу поставьте на что-нибудь так, чтобы свет от нее падал на верхнюю плоскость подставки. Поверните подставку, чтобы тень от спицы падала точно на среднюю линию. Теперь можно наклеивать полоски на стакан. Цифра 12 должна прийти как раз на линии тени от спицы. Только не смачивайте слишком сильно бумагу клеем — она от этого вытягивается.

Готовые часы можно установить. Для них надо выбрать такое место, где подольше светит солнце. Можно поместить их и в комнате у

окна, обращенного на юг, но только поставьте их на горизонтальную поверхность и не сдвигайте уже после установки.

В солнечный день по каким-нибудь верным часам, за несколько минут до полудня, поверните солнечные часы так, чтобы тень спицы подошла к делению 12 на полосках. Как только ваши верные часы покажут 12 часов дня, поверните солнечные часы так, чтобы тень от спицы легла точно на деление 12, и укрепите подставку часов окончательно. Теперь солнечные часы будут верно показывать время.

Вы уже знаете, что летом солнце будет освещать кружок на спице сверху, а зимой снизу, и два раза в год солнечные лучи будут падать параллельно плоскости кружка, так что от него на стенку стакана будут ложиться только узенькая полоска тени и вертикальная полоска от самой спицы. Это и будут дни равноденствия. В эти дни спица при восходе и заходе солнца будет бросать тень на деление 6. В другое время года тень от кружка будет все больше и больше приближаться к полоскам с делениями, и, когда она зайдет за края их, это будет самый длинный день летом и самый короткий зимой.

Тени, вертящиеся навстречу друг другу. Поставьте на стол две свечи и между ними и стеной протяните руку.

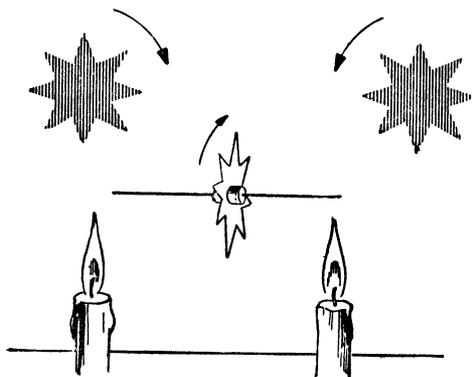


Рис. 54.

Вы увидите две тени своей руки. Обе тени не будут так темны, как от одной свечи. Это потому, что на то место, куда падает тень от руки, падают лучи света от другой свечи. Две тени от руки будут одинаково темны только в том случае, если свечи стоят на равном расстоянии от стены и от руки и сила света у них одинакова. Это легко можно проверить, если отодвинуть какую-нибудь свечу подальше. Чем дальше источник света от стены, тем он должен быть сильнее, чтобы

вращать ее между свечами и стеной, на стене будут вращаться две тени зубчатого колеса.

Но, пожалуй, немногие догадаются, как сделать, чтобы две тени одной и той же звезды вертелись в разные стороны.

Сделать это нетрудно: вращающуюся звезду нужно держать перпендикулярно к стене, а свечи должны быть одна с правой стороны звезды, а другая с левой, не очень далеко друг от друга (рис. 54).

Танцующие тени. Вы заметили уже, что тень от предмета делается меньше, если свечу отодвинуть дальше, и что, если свечу отодвинуть вправо, тень передвинется влево, всегда в сторону, обратную движению света.

Зная это, можно устроить такую забаву.

Вырежьте из картона какие-нибудь фигуры и повесьте их на нитках перед экраном или просто перед белой стеной. Чтобы фигуры не вертелись, повесьте каждую на двух нитках. За фигурками поставьте несколько свечей. Получится много теней фигур, столько, сколько вы зажжете свечей. Когда вы станете двигать свечи назад и вперед, вправо и влево, вверх и вниз, вы увидите забавную пляску фигур. Очень красиво получается, когда светлые фигуры танцуют на темном фоне.

Откройте дверь в ту комнату, где будут сидеть зрители, и затяните дверь простыней. Сами останьтесь в другой комнате; за этим экраном поставьте стол и прибейте к одному концу его лист картона, на котором вырежьте две танцующие фигуры. За экраном, на столе, укрепите какой-нибудь деревянный брусок. Лучше всего вбить внизу в

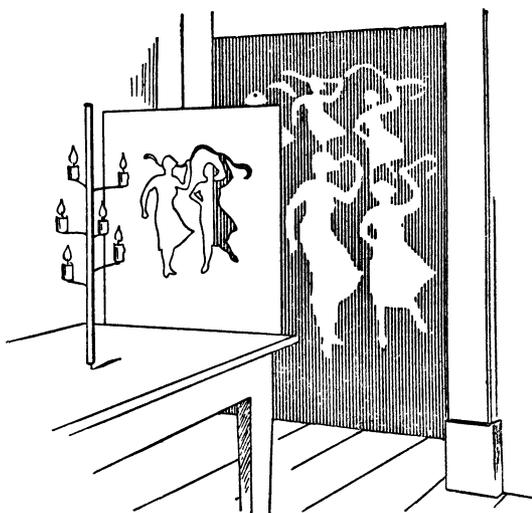


Рис. 55.

брусок гвоздь и заострить его конец, чтобы можно было его вколачивать в стол. К бруску привяжите на разной высоте несколько проволок — штук 6 или больше — и укрепите на них несколько свечей. Когда вы зажжете свечи, на экране появится много светлых фигур, а когда вы начнете вертеть свой подсвечник, фигуры станут двигаться то вправо, то влево, то приближаясь, то удаляясь (рис. 55). Получится полное впечатление танцев.

Эту картину можно разнообразить, зажигая свечи по очереди. На экране появятся, скажем, две фигурки. Дайте им потанцевать, затем зажгите другую свечу, третью и т. д.

Если кроме свечей на палке вы поставите по обе стороны несколько неподвижных свечей, по краям экрана появятся неподвижные группы фигурок, как бы зрителей наших фантастических танцев. Можно придвигать стол к экрану или удалять от него; от этого фигурки будут уменьшаться или увеличиваться. Если вместо свечей вы пристроите маленькие лампочки от карманного фонаря и провода от них подведете к нескольким выключателям, вам легко будет управлять ими и, при некоторой фантазии, устроить очень интересное представление.

Изображения, производимые маленьким отверстием. Вы, вероятно, наблюдали, как свет пробивается в щели занавесок или ставен или как по потолку или стенам ползут странные тени. Эти скользящие тени — изображения предметов, движущихся мимо дома.

Посмотрите на рис. 56. На нем показано, как получаются при помощи отверстий изображения на стенах или потолке. На этом рисунке видна перегородка с небольшим отверстием. Представьте себе, что вправо от нее находится темное пространство и стоит белый экран. От свечи, поставленной по левую сторону перегородки, на экране получится точное ее изображение, только перевернутое книзу.

Это явление объясняется очень просто. Лучи света распространяются всегда по прямым линиям, и свет исходит не только от самосвещающихся предметов, как, например, от пламени свечи, но и от всех предметов, отражающих свет. Понятно, что свет от конца пламени, пройдя через отверстие, не может осветить весь экран. Он дает только пятнышко на экране. Также и от всех других частей пламени све-

чи на экране получаются различной яркости пятнышки. И из этих пятнышек получается изображение пламени, точно соответствующее настоящему. Так как от самой свечи отражаются лучи света пламени и тоже проходят сквозь отверстие перегородки, изображение самой свечи также получится на экране. По рисунку понятно, что изображение должно обязательно получиться перевернутым. Так появляется на экране изображение любого предмета — самосветящегося или освещенного. Изображение предмета будет тем яснее, чем лучше освещен предмет, и тем резче, чем меньше отверстие.

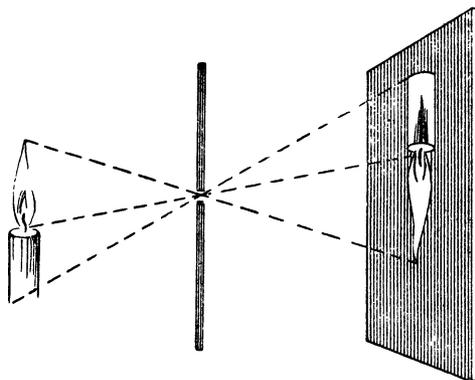


Рис. 56.

Простейший фотографический аппарат. Изображение, получаемое с помощью маленького отверстия, невелико. При этом оно очень бледно. Чем отверстие больше, тем ярче изображение, но зато оно менее ясно. Значит, чтобы получить яркое изображение, выгоднее делать отверстие большим, но это сильно ухудшает качество изображения. Для того чтобы получить яркое, четкое изображение, можно воспользоваться двояковыпуклым стеклом (линзой). С помощью этого стекла, вставляемого в большое отверстие, можно получить такое четкое и ясное изображение, что его можно обрисовать карандашом на белой бумаге.

Возьмите какое-нибудь двояковыпуклое, так называемое увеличительное, стекло и поставьте его на расстоянии 50 сантиметров от стены против окна. На стене, вероятно, получится круглое светлое пятно. Но когда вы станете приближать линзу, пятно это делается ярче и меньше, потом очертание его станет резким, и почти тотчас же в нем появятся изображения предметов, конечно, перевернутые. Изображения опять исчезнут, если вы приблизите линзу еще ближе к стене. В этом разница между щитком с отверстием и увеличительным стеклом.

Через маленькое отверстие изображение получается независимо от расстояния его от стены, а через увеличительное стекло — только на определенном расстоянии.

Вы можете заметить, что расстояние от линзы до стены должно быть разным для различных предметов. Для получения резкого изображения близкого предмета линза должна быть отодвинута дальше от стены, а для более далекого придвинута ближе к ней. Если вы будете постепенно приближать стекло к стене, на ней сначала появятся отчетливые изображения столов, стульев, потом эти изображения станут размытыми, зато станет более резким изображение окна и, наконец, отдаленного пейзажа.

Расстояние, на котором линза дает отчетливое изображение очень отдаленных предметов, называется «фокусным расстоянием» стекла. Оно зависит от выпуклости стекла, и поэтому для разных стекол фокусные расстояния различны. Сильно выпуклые линзы имеют короткие фокусные расстояния, а более плоские — длинные.

Изображение предметов с помощью линзы можно получать и без всяких приспособлений, но лучше сделать так называемую камеру-обскуру, для того чтобы на изображение, полученное с помощью стекла, не падал посторонний свет.

Устройство камеры-обскуры очень простое. Прежде всего измерьте фокусное расстояние линзы. Если оно равняется, скажем, 20 сантиметрам, возьмите картонную коробку такой же длины и в середине передней стенки вырежьте круглое отверстие диаметром немного большим, чем диаметр стекла. Стекло оберните картонной трубкой *m* длиной в 3—4 сантиметра (рис. 57, *A*), а другую трубку *b* склейте так, чтобы в нее туго входила трубка со стеклом. Трубку *b* сделайте длиной в 5 сантиметров. Эту трубку вклейте в отверстие коробки; чтобы она прочно держалась, можно обернуть ее у стенки коробки полоской картона и надеть на нее снаружи и изнутри коробки картонные кольца.

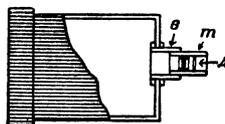
У нас получился аппарат, которым можно даже фотографировать. Но нужно точно знать, в каком месте устанавливать фотографическую пластинку. Сделайте на заднюю открытую стенку аппарата крышку с четырехугольным вырезом по величине пластинки. Это отверстие затяните белой прозрачной бумагой. Когда вы будете передвигать труб-

ку с линзой взад и вперед, на бумаге будут получаться изображения. Чтобы вам не мешал при наводке посторонний свет, накиньте на голову темный платок (рис. 57, В).

Вы, конечно, не удивитесь, увидев, что изображение на бумаге получается перевернутым. Если вы внимательно рассмотрите его, увидите, что края изображения получились не резкими. Этот недостаток можно легко устранить. Вы знаете, что изображение становится тем резче, чем меньше отверстие для света. Если прикрыть края линзы и воспользоваться только ее серединой, изображение получается гораздо резче. Так же прикрывают края линз и в настоящих фотографических аппаратах. Кольцо, закрывающее более или менее широкие края линзы, называется *д и а ф р а г м о й*.

Вырежьте из картона кружок такого же диаметра, как и увеличительное стекло, и посередине его прорежьте круглое отверстие диаметром, примерно, в 1 сантиметр. Этот кружок (он обозначен буквой *д* на рис. 57, А) вставьте в трубку перед стеклом и приклейте. Теперь, передвигая трубку со стеклом, хорошенько наведите ее,

чтобы получить резкое изображение снимаемого предмета. Заметьте мелом положение аппарата на подставке и унесите его в темную комнату. Там при свете красной лампы замените крышку из бумаги другой, в которой на том месте, где была бумага, вставлена фотографическая пластинка. Конечно, задняя стенка фотографической пластинки должна быть хорошо закрыта от света, иначе пластинка испортится. Проследите также за тем, чтобы свет не попал в коробку аппарата сквозь щели между стенками и крышкой.



А



Б

Рис. 57.

Вам нужно еще иметь круглую крышку, чтобы закрывать трубку с линзой перед тем, как зарядить камеру фотопластинкой.

Чтобы хорошо сфотографировать предмет на воздухе, достаточно только на одно мгновение снять крышку с трубки (не качнув камеры), а потом снова надеть ее. В комнате крышку придется держать снятой 20—30 секунд. Продолжительность съемки зависит и от линзы, и от диафрагмы, и от пластинки, и от яркости освещения. Если вы напрактикуетесь, даже таким простым аппаратом, можно делать неплохие снимки.

Зеркальная камера-обскура. Изображения, которые мы получали с помощью увеличительного стекла, были очень маленькими. Можно сделать так, что они будут больших размеров и их можно будет обводить карандашом для того, чтобы вместо фотографирования получать рисованные картины.

Из нескольких палочек скотите пирамидку вышиной в 1 метр (рис. 58). Снизу она должна быть такой широкой, чтобы в нее можно было просунуть голову и руки, а сверху сделайте площадку для укрепления трубки со стеклом. В этой площадке, так же как и в нашем фотографическом аппарате, должна быть вклеена картонная трубка, внутри которой передвигается трубка с линзой. Но линза должна быть не такая, как для фотоаппарата. Она должна быть большего диаметра, чтобы изображения получались яркими. Фокусное расстояние ее должно быть приблизительно в 1 метр.

Но если воспользоваться сейчас нашей камерой-обскурой, на бумаге появится только изображение неба. Нужно еще пристроить зеркало, чтобы лучи света от предметов отражались на линзу. На рисунке видно, как это сделать.

Подберите небольшое, но хорошее зеркало, укрепите его в рамке, а рамку скрепите с деревянным брусочком обыкновенной небольшой шкатулочной петлей.

Петлю привинтите немного ниже конца бруска. К рамке напротив петли прибейте конец тонкой проволочки. Проденьте проволочку сквозь кольцо, забитое в верхний конец бруска, и пропустите свободный конец ее через верхнюю стенку пирамидки.

Теперь тот, кто сидит в камере, сможет этой провололочкой наклонять зеркало больше или меньше и получить на бумаге изображение горизонта или близкого пейзажа. Поворачивая стол или пирамидку, вы сможете получить изображение, которое хотите зарисовать.

Чтобы легче было найти нужное изображение, имейте в виду, что надо сесть спиной к действительному пейзажу. Для того чтобы изображение на бумаге получилось очень четким и ясным, нужно покрыть всю пирамидку плотной черной материей и самому влезть под этот чехол. Вы увидите на бумаге такое замечательно живое изображение, которое никакими другими способами получить нельзя. Не только одноцветное кино, но и цветное не может передать действительности так, как она получается на экране камеры-обскуры. Если вы немного умеете рисовать, с помощью камеры-обскуры вы сможете делать замечательные картины, особенно, если будете раскрашивать их разноцветными красками.

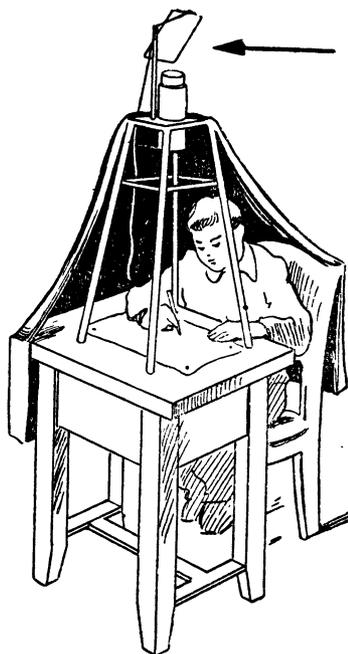


Рис. 58.

Глаз — та же камера-обскура. Как бы ни был совершенен фотографический аппарат, как бы ни были тщательно сделаны его объектив и другие части, все это нельзя сравнить с замечательным по совершенству аппаратом — нашим глазом, напоминающим камеру-обскуру; камерой глаза управляет совершеннейшая система мускулов и нервов.

Глазное яблоко — почти круглое, величиной со средний грецкий орех (рис. 59). Эта прекрасная камера-обскура состоит из нескольких оболочек. Наружная, самая плотная волокнистая оболочка *б* называется белком. Белок — видимая часть глаза. Передняя часть этой оболочки закрывает более выпуклую часть яблока. Она совершенно прозрачна и тверже всей остальной части оболочки. Это — роговая оболочка *бр*.

Вплотную к белку прилегает изнутри сосудистая оболочка *с*. Та часть ее, которая находится под роговой — *ср*, называется радужной. В середине ее есть отверстие *д* — зрачок. Это диафрагма нашего зрительного аппарата; она обладает замечательным свойством автоматически сжиматься, когда сквозь нее проходит яркий свет, и расширяться при слабом свете. Вы это легко можете заметить, придвигая и отодвигая от глаза товарища зажженную свечу. В сумерки зрачки так широко раскрыты, как будто хотят поглотить все слабые лучи догорающего дня.

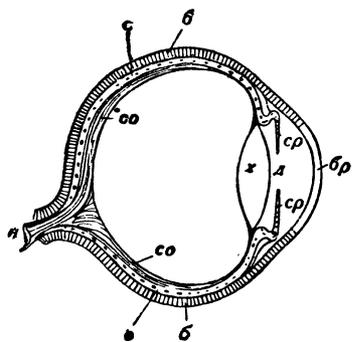


Рис. 59.

Цвет радужной оболочки бывает различным. Она бывает очень темной, почти черной, голубоватой, серой и всяких других оттенков.

За диафрагмой помещается объектив глаза. Это чечевицеобразное, совершенно прозрачное тело — хрусталик *х*. Сквозь него проходят, преломляясь как в увеличительном стекле, лучи света и собираются на третьей и последней — сетчатой оболочке глаза *со*. К этой оболочке прикреплены отростки зрительного нерва *н*, проходящего через все три оболочки глаза прямо в мозг человека. На этой сетчатой оболочке, как на пластинке фотоаппарата, и получают изображения внешних предметов.

Кроме хрусталика, помещающегося в особой сумке и плавающего в прозрачной жидкости, весь глаз заполнен студенистым стекловидным веществом. Все части глаза, пропускающие световые лучи — роговая и сетчатая оболочки, хрусталик с сумкой и жидкостью и стекловидное тело, — поразительно прозрачны.

Глаз обладает всеми свойствами очень хорошего оптического инструмента. Фокусное расстояние хрусталика может изменяться само собой. Когда вы переводите глаза с близкого предмета на отдаленный, вы непроизвольно изменяете фокусное расстояние хрусталиков своих глазных аппаратов. Достигаете это при помощи особых мускулов, которые могут изменять форму хрусталика, делая его более выпуклым или плоским.

Последняя часть нашего фотографического аппарата — веки. Они

заменяют крышку объектива и предохраняют глаз от повреждений. Впрочем, кроме век, наружная сторона глазного яблока защищена еще кожей, составляющей как бы продолжение кожи, которой покрыто все наше тело. Только на глазах она так тонка и прозрачна, что ее совсем не видно.

Видим мы таким образом. Снопы лучей света, исходя из различных частей предмета, проникают сквозь зрачок в глаза. Там лучи света преломляются, собираются в отдельные точки на сетчатой оболочке и составляют на ней изображение того предмета, на который направлен взор. Сетчатая оболочка глаза не запечатлевает изображения окончательно, как пластинка в фотоаппарате, а немедленно передает все свои световые раздражения мозгу и ежесекундно готова принимать все новые и новые.

В зависимости от того, как пользуются зрением различные животные, населяющие землю, глаза их устроены по-разному. Птицы, например, должны видеть с высоты очень далеко, поэтому глаза их велики и светосильны. Хрусталик глаза птицы не такой выпуклый, как наш, и глазное яблоко у нее более плоское, чем у человека.

Иначе устроены глаза животных, пользующихся зрением в воде, например рыб. Опустите обыкновенное увеличительное стекло в воду, и вы увидите, что фокусное расстояние его в воде увеличивается. Получаемое с помощью стекла изображение в воде отодвигается дальше, чем в воздухе.

Значит, для того чтобы иметь стекло с тем же фокусным расстоянием в воде, надо увеличить выпуклость стекла. Действительно, глаза у рыб имеют хрусталик почти совсем шаровидный.

Искусственный глаз. Вы можете сделать себе маленькую модель глаза и на ней посмотреть, как действует наш глаз.

Раздобудьте маленькую лупу диаметром в 2 сантиметра, с фокусным расстоянием в 3—4 сантиметра. Потом возьмите резиновый мяч, диаметром немного больше, чем фокусное расстояние лупы. Мяч будет глазным яблоком (рис. 60). На двух диаметрально противоположных сторонах мячика нарисуйте два кружка, один побольше лупы, другой поменьше, и вырежьте их. К меньшему отверстию приклейте лупу, что-

бы она лучше держалась, оклейте ее сверху холщевым кольцом. Холст можно раскрасить под цвет радужной оболочки глаза.

Второе отверстие затяните тонкой прозрачной бумагой. Можно просто заклеить его обыкновенной белой папиросной бумагой, а потом промазать ее маслом. Чтобы при вырезании мячик не очень мялся, выберите такой, у которого стенки потолще.

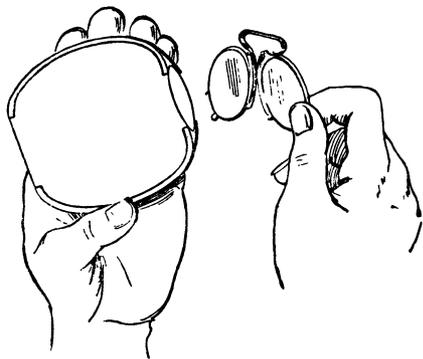


Рис. 60.

Вот и весь аппарат. Поверните его стеклом к окну или какому-нибудь светящемуся предмету, и вы увидите на бумаге изображение. Если наклеенная бумага пришлась как раз в самом фокусе объектива, изображение будет отчетливым и ясным. Если изображение не получается ясным, можно сжать мячик с боков и спереди; тогда увеличится или уменьшится расстояние от объектива до бумаги, и таким образом можно будет найти положение, при котором изображение ста-

нет отчетливым. Наш глаз тоже приспособляется к рассмотрению различно удаленных предметов. В глазу хрусталик — его объектив — изменяет кривизну своих поверхностей.

Попробуйте закрыть на некоторое время глаза, а потом, открыв их, посмотреть на далекие предметы. Вы увидите их совершенно ясно. Затем попробуйте быстро перевести глаза на близкий предмет, и, прежде чем вы увидите его со всей ясностью, вам придется что-то сделать со своими глазами — присмотреться. На это уйдет некоторое время.

Что же в это время происходит с глазом? Сначала на сетчатой оболочке получается неясное изображение, и мозг сейчас же приказывает нервам привести хрусталик в такое состояние, чтобы его кривизна дала совершенно отчетливый «снимок» на сетчатой оболочке. Это делается непроизвольно в продолжение очень небольшой доли секунды. Способность глаза применяться к расстоянию до предмета носит название accommodation глаза. То или иное отношение выпуклости хрусталика к величине глазного яблока делает глаз то близоруким, то дальзоруким. Это нетрудно проследить и на опыте с искусственным глазом.

Сожмите мячик поперек между стеклом и бумагой. От этого он удлинится, и на бумаге получится изображение только близких предметов. Наш искусственный глаз станет «близоруким». Приставьте теперь к нему очки для близоруких с двояковогнутыми стеклами — и на бумаге снова появится ясное изображение отдаленных предметов (рис. 60).

Если же сжать глаз от стекла к бумаге, пропадет изображение близких предметов, и аппарат наш будет работать, как «дальнозоркий». Чтобы заставить теперь искусственный глаз видеть так же хорошо близкие предметы, перед ним надо поставить очки с двояковыпуклыми стеклами (очки для дальнозорких).

Зеркало. Мы уже так привыкли к зеркалу, что не обращаем внимания на некоторые его замечательные свойства. Ведь простой, гладкий кусочек стекла, подклеенный чем-нибудь блестящим, становится просто чудесным.

Вы подходите к этому стеклу, а навстречу вам идет ваше собственное изображение со всеми мельчайшими подробностями, которые ни один художник не в состоянии изобразить с такой точностью.

Изображение в зеркале возникает по закону отражения лучей света, такому же простому, как «отражение» мячика от стены. Вы уже читали, что мяч, брошенный прямо в стену, отскочит назад в руки, а если бросить его под углом, он отскочит под тем же углом, но в противоположную сторону.

Помните, закон этот физиками формулируется так: угол падения равен углу отражения.

Закон этот верен при всякой величине угла, даже при бесконечно малой, а при перпендикулярном ударе в стену можно сказать, что оба угла — и падения и отражения — равны нулю. Мы знаем, что этому закону подчинены и звуковые лучи.

То же самое можно сказать и про лучи световые. На рис. 61 показано зеркало, в котором отражается свеча. Лучи света от свечи расходятся по всем направлениям. Сноп лучей падает и на зеркало и отражается им. Некоторые лучи света свечи, начерченные на рис. 61, помечены номерами 1, 2, 3, 4. Первый луч падает на зеркало перпендикулярно и отражается обратно. Его можно видеть только сквозь огонь.

Все остальные лучи падают на зеркало под различными углами и под теми же углами отражаются.

Возьмите, например, третий луч и в той точке зеркала, на которую он упал, восставьте к зеркалу перпендикуляр. По другую сторону перпендикуляра отложите такой же угол, какой образовал к нему луч.

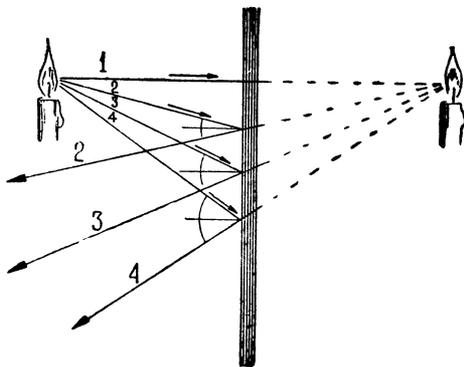


Рис. 61.

Это будет луч отраженный. Продолжите его за зеркало, и он пересечется с продолжением первого луча. Сколько бы мы ни проводили лучей из одной светящейся точки, все продолжения их отражений пересекутся за зеркалом также в одной и той же точке. В этой именно точке мы и будем видеть в зеркале выбранную нами точку свечи.

Собрание изображений всех точек свечи дает нам изображение всей свечи. Мы можем изменять место свечи, и всегда ее изображение за зеркалом будет казаться нам на таком же расстоянии, на каком действительная свеча находится перед ним.

Бесконечные зеркальные отражения. Чтобы комната казалась больше, в ней иногда ставят зеркало во всю стену. Вся комната отражается в нем и таким образом как бы удваивается. Конечно, для полной иллюзии нужно, чтобы зеркало это было очень хорошим и совершенно чистым, чтобы оно ничем не выдавало себя. Если и противоположную сторону комнаты сделать зеркальной, комната покажется бесконечной. Отражение одного зеркала повторится в другом, затем опять в первом, и так — пока лучи совершенно не ослабеют и не сольются где-то в бесконечной дали.

Это можно проделать и в маленьком масштабе. Подберите два одинаковых зеркала, но не очень маленьких, и поставьте их на стол одно против другого, а между ними установите две свечи. Вы увидите бесчисленную вереницу свечей, уходящих в даль.

Калейдоскоп. Вы видели уже, что два зеркала, поставленные друг против друга, отражают стоящие между ними предметы бесконечное число раз. Очень интересно рассмотреть, что получается, если зеркала составлены под углом.

В них отражения располагаются не по одной линии, а по многоугольнику. Вы это легко заметите, если начнете наклонять одно зеркало к другому. Чем больше вы наклоните зеркало, тем рельефнее будут отражения и тем большее число углов в многоугольнике вы увидите. Если углы наклона зеркал будут 18, 36, 45, 60 градусов, вы увидите 20, 10, 8, 6 изображений, считая в том числе и самый предмет.

На этом свойстве зеркала основано устройство очень интересной игрушки — калейдоскопа. Сделать его легко.

Склейте картонную трубку длиной в 25 сантиметров и внутренним диаметром в 8 сантиметров. Чтобы трубка получилась аккуратной, склейте ее на подходящем круглом цилиндре и при склейке намочите слегка картон.

Когда трубка высохнет, она получится очень твердой. Потом возьмите три полоски тонкого стекла такой же длины, как и трубка, а шириной в $\frac{7}{8}$ ее диаметра (для нашего калейдоскопа — 7 сантиметров). Все стекла с одной стороны промажьте черным лаком и, когда он высохнет, вставьте в трубку так, чтобы два стекла были повернуты внутрь стеклом, а третье — черной стороной. Эта черная стенка вставляется для того, чтобы не слишком путать картину бесчисленными отражениями.

Лучше самому сделать стекла с черными поверхностями, чем брать обычные посеребренные, потому что они толстые и всегда дают изображение с двойными контурами. Чтобы стекла не болтались, заложите между ними и стенками скомканную бумагу.

Один конец трубки заклейте кружком с маленьким отверстием для глаза посередине. Затем подыщите круглую коробочку диаметром немного большим, чем диаметр трубки. В крышке и в дне этой коробочки вырежьте круглые отверстия во всю величину их. Оставьте только узенькие края.

Дно коробочки заклейте самой прозрачной, но крепкой бумагой, а крышку заклейте стеклянным кружком. Коробочка получится с прозрачной стеклянной крышкой и с пропускающим свет дном. Подклейте

те ее крышку под трубку калейдоскопа. Теперь насыпьте в коробочку разной пестрой мелочи — пестрых бус, фигурок и звезд из цветной бумаги, колечек — и направьте трубку на свет. Посмотрите в маленькое отверстие и попробуйте вращать трубку вокруг оси. Вы увидите бесконечное разнообразие фигур, когда вся насыпанная в коробку мелочь, перекачиваясь, будет отражаться в зеркалах. Когда фигурки попадут в угол между зеркалами, будут появляться различные звезды; когда они очутятся в углу против черного стекла, вы увидите венки. Все фигуры будут симметрично построены.

Как можно смотреть сквозь камень. Конечно, это фокус, потому что сквозь непрозрачное тело, как ни смотри, все равно ничего не увидишь. Тут секрет в зеркалах. Прибор для смотрения сквозь непрозрачные предметы сделать нетрудно. Размеры его можете взять, какие захотите.

Склейте, например, П-образную картонную коробку длиной в 25 сантиметров и высотой в 20 сантиметров (рис. 62). Поперечник коробки можно взять равным 7 сантиметрам. С наружных сторон коротких частей коробки приклейте две трубки *A* и *B*, а с внутренней, точно против этих трубок, — короткие трубочки *a* и *b*. Лучше всего врежьте трубки в стенки коробки, чтобы казалось, что трубки *A* и *a* одно целое и также одно целое трубки *B* и *b*. Теперь в коробке надо поместить 4 зеркала Z_1 , Z_2 , Z_3 и Z_4 . Это самая трудная часть работы.

Зеркала нужно вклеить очень точно, под углом в 45° к стенкам коробки. Два верхних зеркала нужно вклеить зеркальной стороной вниз, а нижние — зеркальной стороной кверху. Тогда свет, попавший в трубку, например от свечи, отразится зеркалом Z_1 под углом в 45° и упадет на зеркало Z_2 . От этого зеркала под тем же углом в 45° он отразится на зеркало Z_3 , потом на зеркало Z_4 и, наконец, попадет в наш глаз (рис. 62). Фокус, как видите, простой, и отражение получается таким ясным, что кажется, будто действительно видишь свечу.

Поставьте между трубками *a* и *b* камень, и кто бы ни посмотрел в трубку *A*, увидит сквозь камень свечу. Если спрятать нижнюю часть коробки так, чтобы никто не мог подумать, что здесь сделано

какое-нибудь приспособление, вряд ли кто догадается, как получается такой замечательный эффект.

Вы, вероятно, не раз замечали, проходя мимо окон магазина, что в них не только хорошо видно все находящееся за окном, но в стеклах, как в зеркале, отражаются прохожие и вся улица. Иногда предметы с улицы так хорошо отражены в оконном стекле, что кажется, будто они стоят в магазине.

Таким свойством обыкновенных стекол можно воспользоваться, чтобы устроить интересный оптический обман. На рис. 63 вы видите

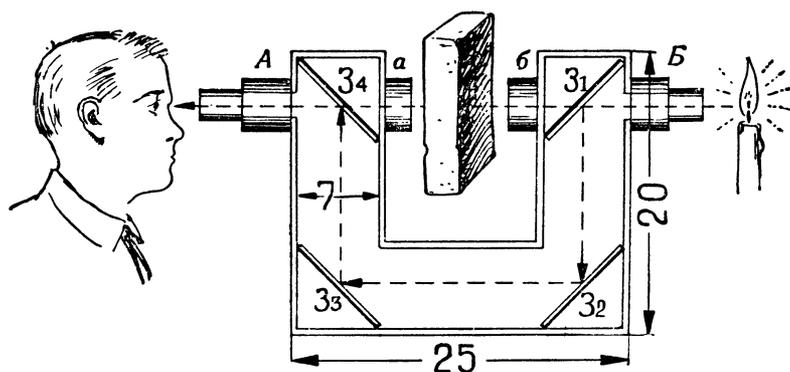


Рис. 62.

стол и поставленный перед ним стул. Между спинкой стула и столом остается промежуток примерно в $\frac{3}{4}$ метра. Стул покрывается чем-нибудь черным так, чтобы тот, кто будет стоять за стулом, не видел ничего под столом.

На стол поставьте, например, низкую цветочную вазу, а со стороны стула, на краю стола, установите на шнурках большое стекло в наклонном положении. На стул положите букет цветов и осветите букет из-под стола. Цветы отразятся в стекле, а сквозь стекло будет видна и ваза. Наблюдателю покажется, что в вазе появились цветы. Только когда будете показывать кому-нибудь этот опыт, сначала точно установите цветы, стекло и вазу так, чтобы отражение букета получалось на нужном месте.

Если вы закроете чем-нибудь свечу, цветы из вазы исчезнут. Заме-

ните вазу банкой с водой или настоящим аквариумом, но без рыб, а рыбок из золотой бумаги положите на крышку стула, — и все зрители увидят рыб в аквариуме. Если вы будете удалять свет, рыбки будут исчезать, а когда приблизите свет, — они снова появятся.

Еще не так давно в театрах показывали пьесы с привидениями. Для этого, конечно, были нужны громадные стекла. Изображали, например, борьбу привидения с трусливым или неустрашимым рыцарем.

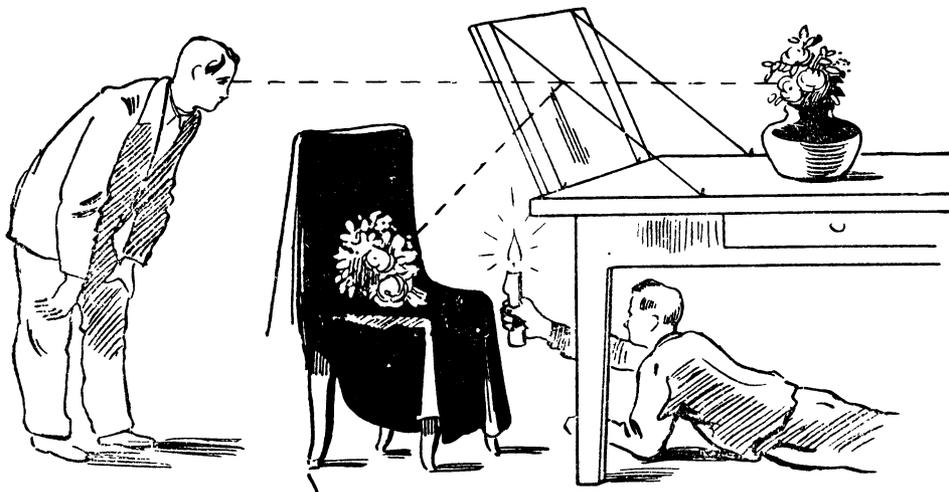


Рис. 63.

Края стекла при этом заделывали в стены, и тот, кто изображал рыцаря, помещался позади стекла на сцене. Перед стеклом в полу находился большой люк. В этом люке на черном фоне помещался тот, кто изображал привидение. Когда это привидение освещали сильным электрическим светом, зрители видели его прозрачную фигуру на сцене. Меч рыцаря, как казалось зрителю, проникал в тело привидения, но не поражал его. Привидение не знало никаких препятствий: ни столы, ни стулья, ни стены не могли преградить ему дорогу. Если нужно было, чтобы привидение исчезло, достаточно было только нажать кнопку и погасить свет.

В шекспировской драме «Ричард III» таким образом на сцене появлялись духи перед смертью Ричарда.

Вогнутые зеркала. В зеркалах с вогнутой шаровой поверхностью изображения сильно отличаются от получаемых в обычных плоских зеркалах. В опытах со звуками мы пользовались уже вогнутыми зеркалами. Там зеркало отражало звуковые лучи. Поэтому его не обязательно было делать блестящим. Для опытов со светом поверхность зеркала обязательно должна быть полированной — гладкой. Дуги на рис. 64 изображают разрезы вогнутых зеркал. Естественно, что от каждого предмета

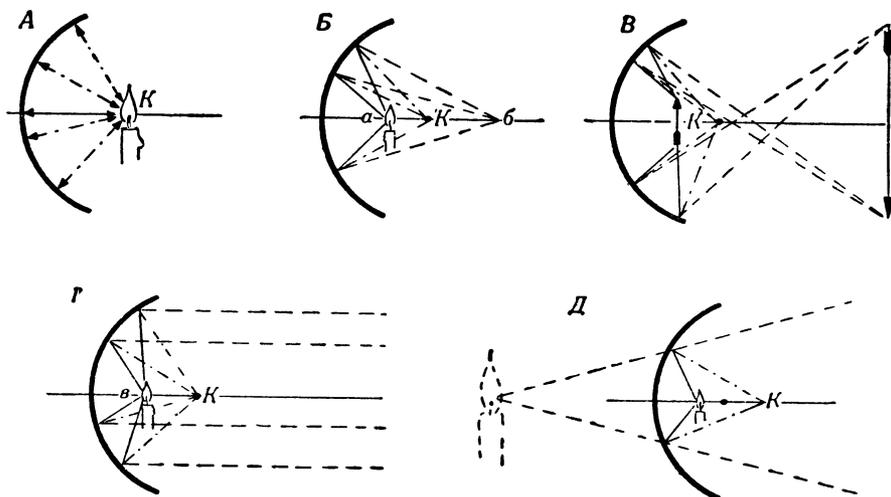


Рис. 64.

лучи будут отражаться на внутренних сторонах этих зеркал. Точки K , которые служили нам центрами для построения зеркал, называются центрами кривизны и имеют очень важное значение. Если в эту точку поместить, например, свечу, все лучи от нее будут падать на поверхность зеркала перпендикулярно и отразятся в тех же направлениях (рис. 64, *A*).

Посмотрим теперь, что произойдет, если мы будем приближать свечу к зеркалу по центральной линии, которая называется оптической осью зеркала. Лучи света будут падать уже не перпендикулярно к поверхности зеркала, кроме одного, центрального, луча. Их путь вам легко определить. На рис. 64, *B* из точки a , лежащей на оптической оси, проведены три луча. Для того чтобы узнать, куда отразятся эти лучи,

достаточно провести радиусы через точки падения лучей на зеркало, так как радиус является перпендикуляром к зеркалу в той точке, куда он проведен. Тогда, отложив по другую сторону радиуса такие же углы, вы увидите, что все отраженные лучи сойдутся в одной точке b , лежащей тоже на оптической оси зеркала, но по другую сторону от центра кривизны.

В плоском зеркале изображение получается всегда за зеркалом, а в вогнутом может оказаться и перед ним. В этом случае оно может быть уловлено на экране. Если вы поставите перед вогнутым зеркалом в том месте, которое отмечено буквой b , лист бумаги, то на нем получится отчетливое изображение свечи, перевернутой пламенем вниз.

Припомните, что каждая точка освещенного тела является источником света. Проследите по рис. 64, B направление падающих и отраженных лучей от острия до пера стрелки. Так как вы знаете закон отражения, то, построив углы падения и проведя линии отражений, вы увидите, что лучи, исходящие от острия стрелки, после отражения пересекутся под оптической осью, а лучи света, исходящие от пера стрелки, после отражения пересекутся над осью. Таким образом, изображение стрелки получается перевернутым.

Рассматривая этот чертеж, вы поймете, что чем ближе придвигать источник света к зеркалу, тем дальше от него будет помещаться отражение, делаясь все больше по размерам. Придвигая предмет, вы дойдете, наконец, до такого предела (точка v на рис. 64, Γ), который составляет существенную особенность вогнутого зеркала. Все лучи, исходящие из этой точки, уже не пересекаются, а идут параллельно друг другу и главной оси зеркала. Физики говорят, что точка пересечения этих лучей лежит в бесконечности. Так, пока источник света прошел короткий путь от центра кривизны K до замечательной точки v , изображение его должно было совершить громадное путешествие. Сперва оно уходило медленно, потом все быстрее и быстрее и, наконец, ушло в бесконечность.

Если источник света мы поместим на огромном расстоянии от зеркала, тогда его лучи, поступая в зеркало, параллельно отразятся все почти в ту же точку v , находящуюся на половине расстояния между центром кривизны K и центром самого зеркала. Эта замечательная точка v называется г л а в н ы м фокусом зеркала.

У нас есть источник почти идеально параллельных лучей света. Это солнце, так как оно находится от нас на громадном расстоянии. Когда зеркало направлено на солнце, изображение его получается в уменьшенном виде в точке *в*. Если навести изображение солнца на бумагу, она тотчас же загорится. Это объясняется тем, что вместе с лучами света от зеркала отражаются и тепловые лучи, идущие от солнца.

На этих свойствах вогнутых зеркал основано устройство так называемых гелиостанций, использующих тепло солнца. В месте *в* ставят паровой котел, на котором собираются тепловые лучи. После достаточного действия их котел настолько нагревается, что вода в нем закипает. Температура в точке *в* может быть так велика, что самые тугоплавкие металлы, помещенные в ней, будут плавиться.

Интересно посмотреть, что получится, если источник света приближать к зеркалу от главного фокуса *в*. Посмотрите на чертеж *Д* рис. 64. Лучи света падают на зеркало под таким большим углом, что после отражения не идут даже параллельно, а расходятся в пространстве. Точка пересечения их, а значит и изображение, получится на продолжении отраженных лучей за зеркалом. То же происходит в опытах и с плоским зеркалом, но изображение в обычном зеркале получалось в натуральную величину, а изображение в вогнутом зеркале будет увеличенным.

Какой замечательный прибор вогнутое зеркало! Пока источник света или какой-нибудь предмет перемещается на незначительное расстояние от центра кривизны к зеркалу, изображение его совершает гигантский путь. Когда источник света находился к зеркалу немного ближе центра кривизны, изображение его получалось увеличенным и перевернутым. По мере приближения предмета к зеркалу оно, все так же перевернутое, убегало от него и становилось все больше и больше, пока не ушло в пространство. Это было, когда источник света находился в главном фокусе. При дальнейшем приближении источника света к зеркалу изображение, которое мы только что получили в бесконечном пространстве и перед зеркалом, появилось сразу далеко за ним. При этом оно успело перевернуться и стать прямым. Затем с невероятной быстротой оно приближается, уменьшаясь, чтобы, наконец, столкнуться с источником света в тот момент, когда он прикоснется к зеркалу.

Цветы в воздухе. Изображение, которое дает вогнутое зеркало, можно даже не воспроизводить на бумаге. Оно видно в воздухе настолько ясно и с такими мельчайшими подробностями, что хочется протянуть руку и взять его. И только потому, что в это же время вы видите перед зеркалом тот же предмет, вы сознаете, что это изображение, а не оригинал.

Но если только немного приподнять зеркало, изображение получится не прямо за предметом, а немного выше его. Если заслонить чем-ни-

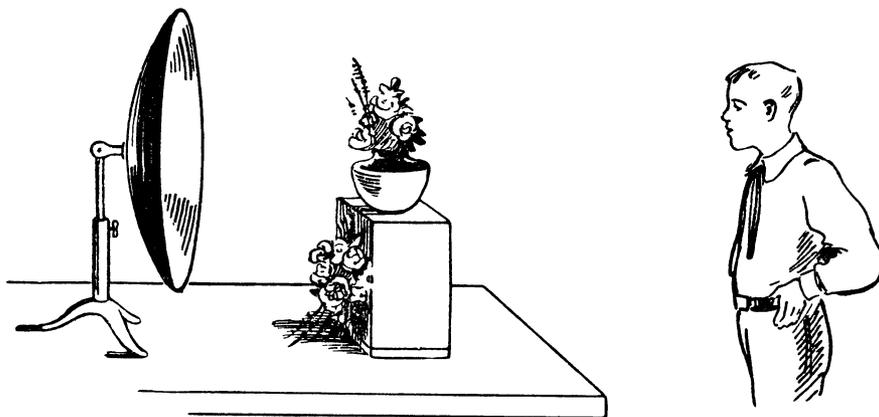


Рис. 65.

будь предмет от глаз зрителей, можно увидеть только одно изображение. На рис. 65 показано, как можно, пользуясь вогнутым зеркалом, ввести глаза в заблуждение.

Поставьте на подставку пустую вазу, а на передней стороне подставки на черном матовом фоне приколите цветы, перевернутые стеблями вверх. Матовый фон, например черный бархат, нужен для того, чтобы не получилось изображение ящика. Букет поместите ниже оптической оси, и изображение его получится выше ее. Изображение букета будет так реально, что невольно несколько раз отойдешь в сторону, чтобы убедиться, что ваза действительно пуста.

Можно спрятать перевернутую статуэтку за подставку и показывать ее стоящей на каком-нибудь пьедестале. С вогнутым зеркалом можно проделать множество интересных опытов.

Шаровидное зеркало. Выпуклое зеркало не так интересно, как вогнутое. Если начертить отражение лучей в выпуклом зеркале, то вы увидите, что отраженные им лучи всегда расходятся, где бы ни находился источник света. Значит, это зеркало совсем не дает действительных изображений, лежащих перед ним в воздухе. Изображение всегда находится за зеркалом и всегда получается в уменьшенном виде. Такие шаровидные зеркала иногда ставят как украшение в садах, парках и т. п. В них замечательно отражаются в миниатюре окрестности, и получается очень живой пейзаж.

Предметы, находящиеся дальше от шаровидного зеркала, кажутся уменьшенными сильнее, чем более близкие. Поэтому, рассматривая в такое зеркало свое изображение, вы увидите страшную карикатуру на себя. У вас будет выпученный живот, очень маленькие голова и ноги. Если вы приблизите к зеркалу кулак с вытянутым пальцем, он покажется больше головы, а палец — целой дубиной.

Если вы хотите проделать опыты с шаровидным зеркалом, возьмите колбу, налейте в нее серебряной краски или просто черного лака, повертите, чтобы покрылись все стенки, потом вылейте лишний лак и высушите колбу. Попробуйте посмотреться в такое зеркало (рис. 66).

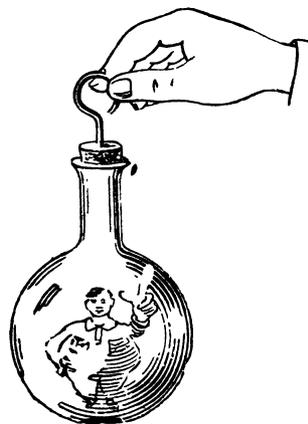


Рис. 66.

Цилиндрическое зеркало. Возьмите цилиндрическое стекло от лампы или химический стакан и оклейте его внутри гладкой оловянной бумагой. Приклеивается оловянная бумага просто белком яйца. Прижмите бумагу аккуратно ваткой и дайте белку как следует высохнуть. Такое зеркало в продольном направлении имеет свойства простого зеркала, а в поперечном — шаровидного. Если зеркало поставить вертикально, человеческая фигура отразится в нем очень вытянутой, а если поставить его горизонтально, отражение будет сдавленное сверху вниз. Но в обоих случаях оно получается со всеми подробностями и совершенно ясное.

С помощью такого цилиндрического зеркала можно получить обычное изображение, только картинка, которую рассматривают в зеркале, должна быть очень вытянута в ширину. Вы можете сами делать картинки для цилиндрического зеркала. Срисуйте изображение какого-нибудь предмета в этом зеркале, установленном поперек. Отражение будет раздуто с боков. Когда вы поставите свой рисунок перед стоящим зеркалом, раздутые бока сожмутся, и изображение получится совершенно правильным.



Рис. 67.

Очень оригинальными выйдут картинки для получения правильного изображения в зеркале, стоящем на них. Одна такая картинка показана у нас на рис. 67. Но рисовать их очень трудно.

Очень оригинальными выйдут картинки для получения правильного изображения в зеркале, стоящем на них. Одна такая картинка показана у нас на рис. 67. Но рисовать их очень трудно.

Вытянутое изображение без зеркала. Вы, конечно, не раз наблюдали за своей тенью, проходя вечером мимо уличных фонарей. Сначала почти бесформенная тень тянется длиннейшим хвостом сзади, потом очень быстро сокращается, собирается почти в одно пятно под ногами, а затем опять быстро вытягивается в бесформенную полосу впереди. И все же всегда можно найти такую точку зрения, с которой тень будет совершенно правильной формы, точно соответствующей действительным очертаниям тела. Если бы можно было смотреть из фонаря, чтобы глаз находился в том месте, где помещена накаленная нить лампы, наше тело совершенно заслонило бы свою тень, точно слилось бы с ней, хотя снизу тень кажется бесформенной.

Вы можете сделать очень интересный опыт. Вырежьте какую-нибудь фигурку и поставьте ее вертикально на стол перед свечой, а за ней расстелите на столе лист белой бумаги. Очертите карандашом контур тени, которая, конечно, не будет подобна фигурке. Если вы посмотрите на эту тень сквозь маленькое отверстие, сделанное в бумаге, с того места, где прежде был огонь свечи, вы увидите правильный контур фигуры.

Призма. Если вам попадалась стеклянная трехгранная призма и вы пытались посмотреть сквозь нее на лампу, вы наверное были удивлены тем, что, хотя призма прозрачна, но, как ни вертите ее, огня все же не видно. Но вот вы совершенно случайно повернули призму как-то в сторону и вдруг увидели огонь, но совершенно в другом направлении, окруженный красивой радужной каймой. Вращая призму, вы увидите все окружающие предметы, но только не в том месте, где они действи-

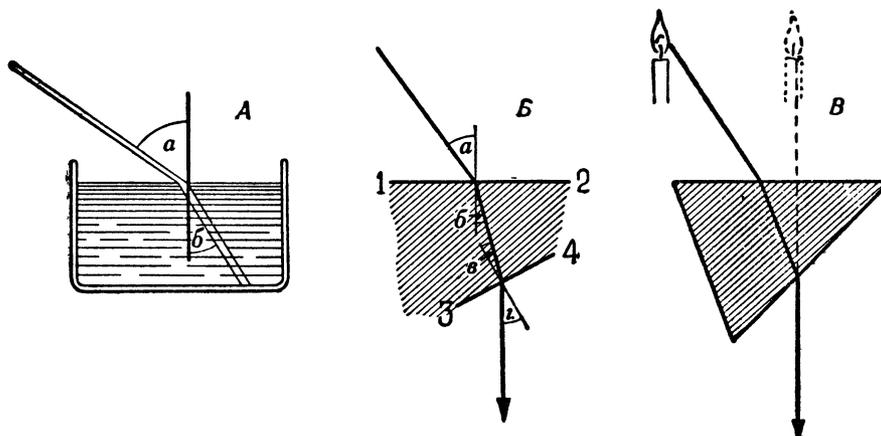


Рис. 68.

тельно стоят. Все предметы, рассматриваемые сквозь призму, окаймлены чудесными радужными полосками. Горы, дома, облака, деревья волшебным образом играют пестрыми цветами.

Что же случилось со светом, прошедшим через призму? Вы, вероятно, уже замечали, что солнечный луч, упав в какой-нибудь сосуд с водой, идет в воде не по тому направлению, как в воздухе. Получается впечатление, будто в этом месте луч преломлен, как палка (рис. 68, А). Такое преломление всегда бывает, когда луч падает на воду не отвесно, а под каким-нибудь углом. Если опустить перпендикуляр в точку соприкосновения луча с поверхностью воды, то угол a , составленный этим перпендикуляром и падающим лучом, будет больше угла b , составленного продолжением перпендикуляра и лучом, преломленным водой.

Так всегда бывает, когда луч переходит из менее плотной среды, например воздуха, в более плотную, например воду. Угол отклонения луча в разных жидкостях различен даже и при одном и том же угле падения.

Этот опыт можно произвести и наоборот. Если поместить источник света в воде, луч, проходя из более плотной среды в менее плотную, пройдет точно такой же путь, но в обратном направлении, как и в первом случае, т. е. при выходе из воды он отклонится от перпендикуляра. То же самое получится, если луч упадет не под прямым углом на стекло.

Предположим, что линия 1—2 на рис. 68, B — это плоскость стеклянного тела. Луч, падающий на стекло под острым углом, войдя в более плотную среду, приближается к перпендикуляру (угол a больше угла b). Если где-нибудь на протяжении этого луча встретится наружная плоскость стекла (например линия 3—4), тогда луч, пройдя в менее плотную среду — в воздух, — опять отклонится от перпендикуляра (угол z больше угла e). На прохождение луча не влияет форма остальной части стеклянного тела. Вы можете стекло слева обрезать, а справа заострить, т. е. сделать из него призму (рис. 68, B).

Теперь вам должно быть ясно, почему луч света в призме отклоняется от своего первоначального направления и почему каждый предмет сквозь призму кажется сдвинутым со своего действительного места. На рисунке вы видите, как нужно держать призму, чтобы увидеть свет свечи.

Если вы проделаете опыт преломления с лучами различных цветов: красным, зеленым, голубым и т. д., то найдете, что призма преломляет их неодинаково.

Поставьте между источником света и призмой, последовательно, красное, голубое и зеленое стекло и уловите на белом экране цветные лучи, выходящие с другой стороны призмы. Вы увидите тогда, что различные цветные лучи отклоняются призмой по-разному. Меньше всего отклоняется красный луч, затем желтый, зеленый. Больше других отклоняются от своего первоначального направления голубой, синий и фиолетовый лучи (рис. 69).

Если вы пропустите сквозь призму белый луч света, например солнечный, то при выходе из призмы он не только отклонится, но еще

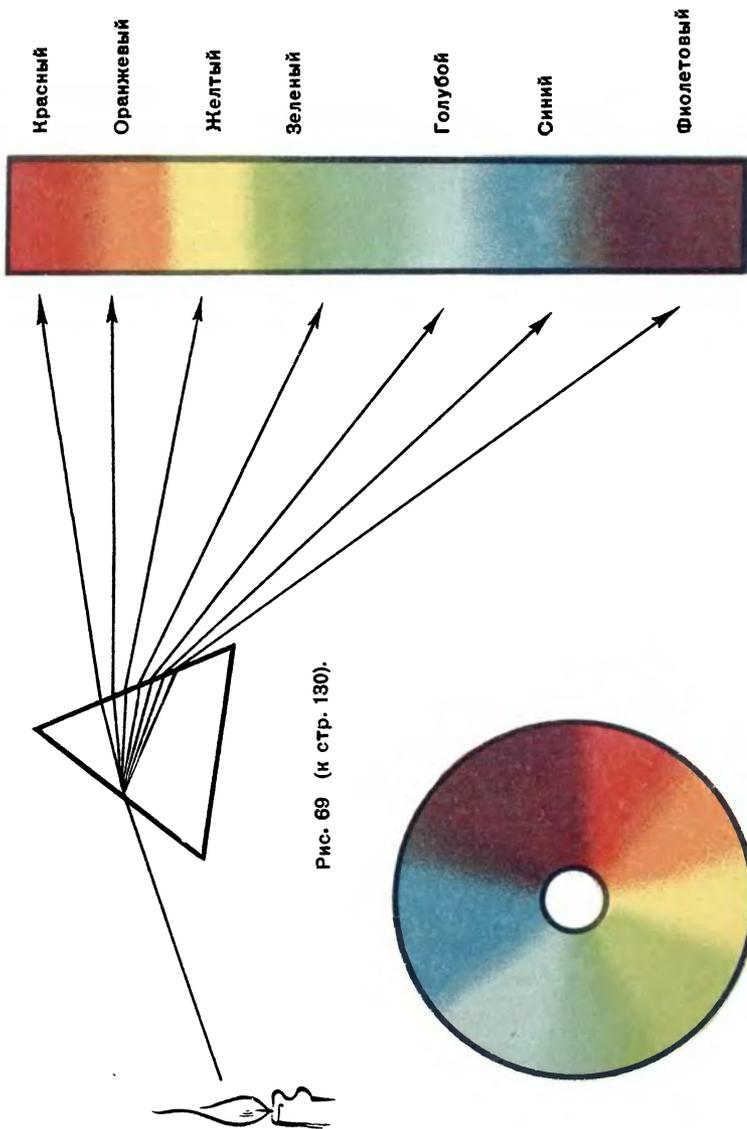


Рис. 69 (к стр. 130).

Рис. 73 (к стр. 135).

растянется в полосу, окрашенную во все цвета радуги в той последовательности, как у нас на рис. 69. Цветная полоса, которую дает призма, называется спектром. То, что белый цвет состоит из всех цветов радуги, сейчас знает каждый школьник, но когда физик Ньютон в 1672 году пришел к этому выводу, он был встречен градом насмешек.

Хорошая и большая призма из флинт- или кронгласса стоит очень дорого. Но вы и сами можете сделать совсем неплохую призму.

Если у вас есть аквариум, то две стороны его, сходящиеся под углом, можно использовать как призму.

Чтобы с помощью такой призмы получить спектр от солнечных лучей, установите аквариум, как показано на рис. 70. Опыт этот лучше произвести в комнате, выходящей окнами на восток или на запад. Солнце с юга нам не так удобно, потому что стоит в это время слишком высоко. Закройте окно картоном и прорежьте в нем щель шириной в 2 сантиметра и высотой в 10 сантиметров. Лучи солнца широкой лентой пройдут через щель.

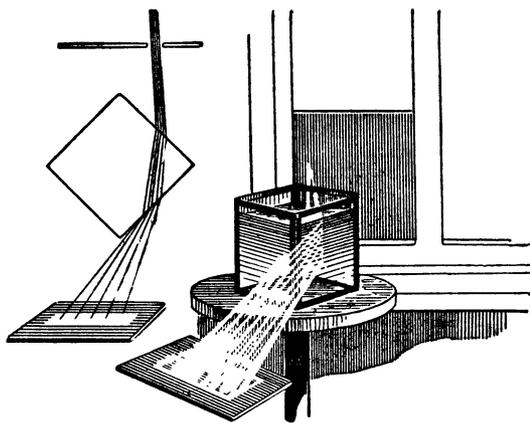


Рис. 70.

На пути этих лучей установите аквариум. Позади него на белой бумаге вы получите чудесную цветную ленту. Если вы будете поворачивать аквариум, вы увидите, что в зависимости от его положения спектр становится короче и длиннее. Он делается ярче, когда укорачивается, и тускнеет при удлинении.

Когда солнце стоит высоко и лучи падают очень круто, спектр получается не вполне правильным. Но вы можете поставить за окном зеркало и с его помощью направлять отраженные лучи сквозь щель в горизонтальном направлении.

Другой простой способ получения спектра предложил физик Хопкинс. Его опыт нужно произвести в темной комнате. Призма при этом

совсем не нужна. Вместо нее нужны миска с водой и зеркало шириной в 12 сантиметров и высотой в 20 сантиметров.

Луч солнца, пройдя в щель, прорезанную высоко в ставне окна или в листе картона, попадет в миску. Ниже поверхности воды он отразится от зеркала обратно, снова пройдет сквозь воду и опять преломится у ее поверхности (рис. 71). Значит, он преломляется два раза, так же как и в призме. Благодаря этому составляющие его цветные лучи разделяются.

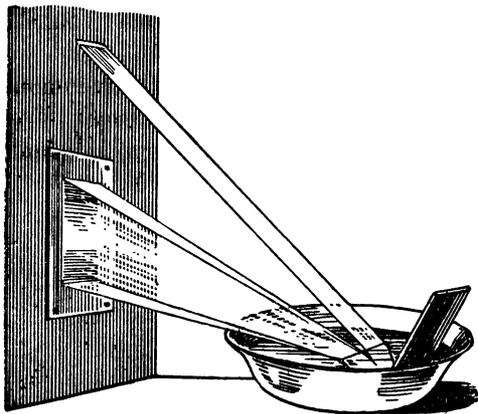


Рис. 71.

Спектр проектируется на листе бумаги ниже щели, причем получается не горизонтальная, а вертикальная разноцветная лента. Красный цвет — наверху, голубой — внизу.

Что обнаруживает призма? Если вам удастся достать хотя бы самую маленькую призму из флинтгласа, с ее помощью вы сможете произвести очень интересные опыты. Призму достаточно достать высотой даже в 1 сантиметр. Стоить она должна не очень дорого, потому что даже изъяны на призме нам неважны. Важно только, чтобы две стороны были хорошими, а надбитые края не мешают.

Укрепите призму в пробке (рис. 72). Чтобы не пачкать призму клеем, вырежьте в пробке треугольник и вставьте ее туда. За призмой прорежьте в пробке щель и вставьте в нее ровный кусочек картона, окрашенный в черный цвет.

В картоне прорежьте острым ножом щель длиной не более полусантиметра и не шире полумиллиметра. Можно иметь в запасе еще одну картонку с более узкой щелью.

Но сделать ровную щель в картоне очень трудно. Можно сделать по-другому. Наклейте обрезок оловянной бумаги на стеклянную пластинку такой же величины, как и картон, и прорежьте щель ножом

по линейке. Так вы получите щель шириной до $\frac{1}{10}$ миллиметра или даже еще уже. Только следите за тем, чтобы в щель не попал клей.

На схеме рис. 72 показано, где должна быть сделана щель в пробке для картона или для стекла.

Этот прибор — простейший спектроскоп. Спектроскопы физиков и астрономов — чрезвычайно сложные приборы, и стоят они тысячи рублей. Но с помощью нашего простейшего спектроскопа можно провести много интересных опытов. Однако, пользование им требует навыка и терпения.

Схема рис. 72 показывает ход лучей от источника света — спиртовой лампочки — сквозь щель на призму. Лучи дважды преломляются призмой и, наконец, выходят из нее по направлению $b-a$. Спектроскоп устанавливается так, чтобы лучи света падали на щель перпендикулярно, а глаз устанавливается в направлении $a-b$. Вы увидите чудесные краски спектра, которые будут тем гуще и ярче, чем уже щель.

Пользуясь этим прибором, можно исследовать пламя различных источников света. Если вы рассмотрите в спектроскоп пламя свечи или лампы, вы не увидите большой разницы в спектрах. Всегда появляется блестящая лента, в которой один цвет незаметно переходит в другой. Затем попробуйте исследовать спиртовую лампу. Она освещает очень плохо, — спектр получается матовый, еле заметный. Если вы вставите в пламя спиртовки тонкую стеклянную трубку, пламя быстро окрасится в желтый цвет. Это происходит благодаря натрию, который входит в состав стекла и светит довольно ярко.

Вы, может быть, ожидали увидеть гораздо более яркий спектр. Напрасно. Вы увидите только более яркую окраску желтой полосы спектра. Натрий не дает при накаливании ни красного, ни зеленого, ни голубого лучей, а только один желтый. Призма обнаруживает это, и не только это: она «видит» еще многие другие тайны.

Посыпьте на фитиль немного поваренной соли. Пламя также сде-

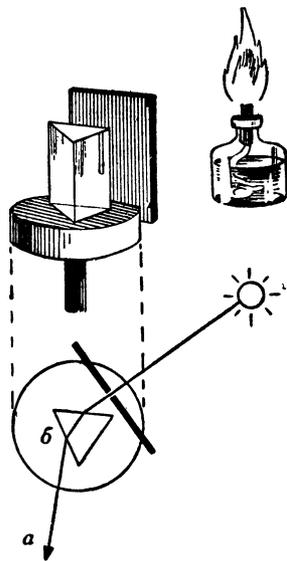


Рис. 72.

лается ярче, но спектроскоп покажет, что увеличилась только желтая полоса спектра. Что это значит? Очевидно, в поваренной соли есть натрий. Химия подтверждает это; поваренная соль — это действительно хлористый натрий, химическое соединение натрия с хлором.

Достаньте несколько крупинок хлористого лития и хлористого стронция. Вдавите маленький кристаллик лития в ушко штопальной иголки и воткните эту иголку в фитиль, чтобы пламя охватило кристаллик. Сейчас же пламя окрасится в красный цвет, а в спектроскопе вы увидите рядом две яркие полосы — красную и оранжевую. Если повторить этот опыт с хлористым стронцием, пламя также станет красноватым. Но в спектроскопе пламя обнаруживает и другие свойства. В спектре появляются три яркие линии — одна в красной, другая в желтой, третья в голубой части спектра.

Спектроскоп никогда не ошибается. С его помощью мы для каждого вещества открываем особый спектр, который дает только это вещество. Если вещества смешаны, то и тогда опытный химик, взглянув в спектроскоп, скажет, какие именно вещества находятся в пламени. Этот способ определения состава веществ называется в науке спектральным анализом.

С помощью одних только телескопов мы не могли бы узнать, из каких веществ состоят звезды, лучи света которых идут к нам, быть может, тысячелетиями. Маленькое граненое стекло дало ответ на многие наши вопросы. Стекло направляли на звезды, и оно давало ту или иную группу хорошо известных цветных линий.

Линии спектра не только обнаружили, что вещества отдаленных светил находятся в раскаленном состоянии, но сказали нам, какие именно эти вещества. Так люди узнали, что в составе звезд имеются водород, железо, углерод, азот, никель — словом, те же вещества, которые находятся и в нашей земле. Спектроскоп доказал родственность всех материалов вселенной.

Радужный круг. С помощью большой лупы вы можете собрать все цветные лучи солнечного спектра снова в одно пятно. Это пятно будет совершенно белым. Лучшего доказательства того, что белый цвет состоит из всех цветов радуги, привести невозможно.

Но можно соединить краски спектра в белый цвет и другим, пожалуй, более простым способом. Вырежьте из картона круг, оклейте его белой бумагой и разделите на секторы, различные по величине, как показано на рис. 73. Окрасьте секторы красками спектра так, чтобы фиолетовая часть занимала самый большой, а оранжевая — самый маленький сектор. Краски накладывайте тонким слоем, но выбирайте чистые яркие цвета. Оклеивать сектора цветной бумагой не стоит, потому что очень трудно найти бумагу, точно соответствующую цветам спектра. Если вы будете быстро вращать этот круг или наденете его на волчок, при хорошем освещении он покажется вам совершенно белым.

Понятно, что цвета смешиваются не в круге: на нем они остаются такими, какие были нарисованы. Смешение происходит в сетчатой оболочке нашего глаза. Сетчатая оболочка обладает свойством задерживать принятые впечатления более долгое время, чем они иногда длятся. Поэтому сетчатая оболочка видит одновременно красный, желтый, зеленый, голубой и другие цвета, хотя они падают на нее последовательно один за другим. Вот почему сетчатка дает впечатление белого цвета.

Но получение белого цвета зависит от правильного выбора красок. Если, несмотря на все старания, вы не получите чистого белого цвета, а вращающийся круг будет казаться вам серым, — это не противоречит, конечно, теории, а показывает только, что краски, взятые вами, по силе и чистоте не могут сравниться с настоящими красками спектра.

Почему цветные предметы кажутся иногда черными? С помощью хотя бы аквариума получите в темной комнате хороший солнечный спектр. Только постарайтесь получить его побольше размером.

Возьмите обрезок красной бумаги или материи и попробуйте осветить его лучами спектра. Только подложите его под лучи спектра так, чтобы на него падали, скажем, одни желтые лучи. Вы увидите, что обрезок бумаги покажется вам черным, совсем черным, как хороший черный бархат. Передвиньте обрезок дальше. Во всех цветах он будет черным, и только тогда, когда дойдет до красного цвета спектра, вы снова увидите, что он красный.

То же будет не только с красной бумагой, а с любым предметом

любого чистого цвета. Он будет казаться вам черным под всеми лучами, кроме лучей своего цвета.

Объясняется это довольно просто. Почему мы видим предметы красными, зелеными или синими? Зеленые предметы мы видим именно зелеными потому, что из снопа белых солнечных лучей, которыми они освещены, они отражают в наш глаз только зеленые лучи и поглощают лучи всех остальных цветов. Когда эти предметы освещаются цветами, не содержащими зеленых лучей, они кажутся черными, потому что не отражают их.

Поняв это явление, можно проделать несколько очень интересных опытов. Введите в огонь спиртовки конец стеклянной трубки. Вы уже знаете, что огонь станет желтым. Если комната, кроме этого огня, ничем не освещена, вы увидите ее обстановку в довольно странном виде. В букете цветов, например, только белый и желтый цвета будут видны яркими пятнами. Розы почернеют, почернеют васильки, зеленые листья станут черно-бурыми. Под влиянием желтых лучей зеленые предметы не чернеют совершенно, потому что зеленый цвет содержит в себе немного желтой краски. Лица людей кажутся страшными, землисто-черными, губы и десны — почти черными. Глаза становятся какими-то неподвижными и тупыми. Получается мертвая картина, и хочется снова зажечь обычный свет.

Светящийся фонтан. Вы уже видели, что солнечные лучи, падающие на воду под острым углом, вступив в воду, отклонились к перпендикуляру, проходящему сквозь поверхность воды в точке падения луча. Вы знаете также, что возможен обратный ход луча из воды в воздух. Но из воздуха луч света может перейти в воду при всех условиях, а из воды не всегда. Это возможно только тогда, когда угол a (рис. 74, *A*) будет не очень маленьким. Если угол падения луча на поверхность воды снизу будет равен некоторому, для каждого вещества определенному, углу a или будет меньше его (рис. 74, *B*), то луч не пройдет в воздух, потому что поверхность воды при этом действует как зеркало. По закону отражения он опять отражается обратно в воду.

Вы можете легко проверить это, если посмотрите снизу и сбоку на поверхность воды в аквариуме. Вы увидите на поверхности воды отра-

жение пола. Но можно проделать опыт, который докажет явление отражения поверхностью воды еще лучше. На рис. 74, *В* и *Г* показаны лучи солнца, падающие из окна на зеркало *З*. От этого зеркала лучи отражаются горизонтально.

Чтобы пропустить световой луч в водяную струю, достаньте какую-нибудь четырехгранную жестянку. Сделайте в ней с двух противоположных сторон, поближе ко дну, два отверстия. Одно из них—шириной

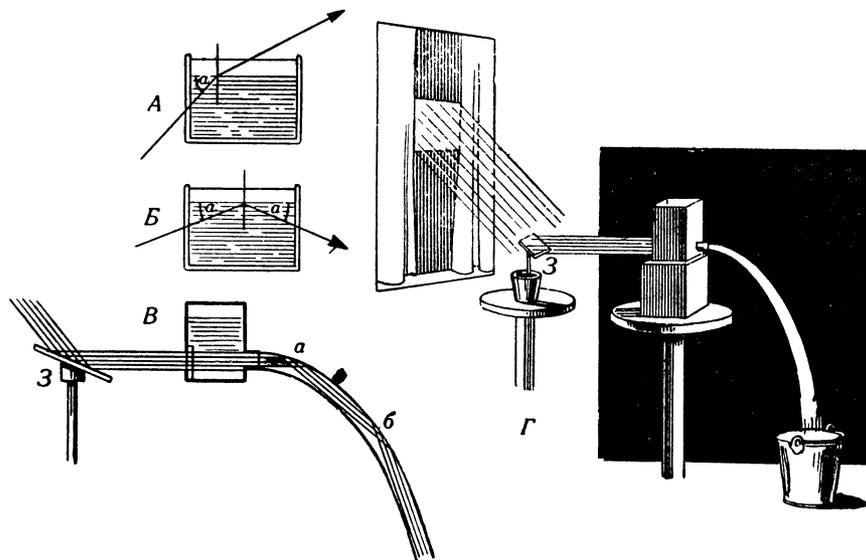


Рис. 74.

и высотой примерно по 6 сантиметров — закройте стеклом, а в другое небольшое отверстие вставьте жестяную трубочку длиной в несколько сантиметров. Эту трубочку заткните пробкой. Стекло приклейте к банке сплавом канифоли с воском. Стекло и жестянка должны быть совершенно сухими, иначе клей не пристанет.

Приготовленную таким образом жестянку поставьте на стол так, чтобы световые лучи, отброшенные зеркалом, прошли через стекло в жестяную трубку. Теперь наполните жестянку водой и забелите воду молоком. Под трубку поставьте таз или ведро и откройте пробку. Вода потечет толстой ровной струей. Но луч света не выйдет за пределы

струи. Там, где он должен был бы выйти в воздух, например в точке *a* (рис. 74, *B*), он отражается от поверхности струи и меняет направление. Так же он отражается, скажем, в точке *b*, потому что при очень большом угле падения луча внутренняя поверхность струи действует как зеркало.

Струя не выпускает пойманный луч. Вместо белесоватой струи воды вы увидите словно сверкающий расплавленный металл. Это удивительно красивое зрелище. Особенно хорошо получается этот опыт, если затемнить комнату, а к стеклянному окошку приставить лупу, фокус которой направлен в струю воды. Так как вода немного увеличивает фокусное расстояние, лучше всего взять лупу с фокусным расстоянием, составляющим в воде $\frac{2}{3}$ расстояния между стеклом и концом трубки банки. Вы увидите тогда, как блестящая струя воды падает в ведро, и брызги воды блестят, как алмазы.

Мираж. В старинном предании рассказывается, что у мифического короля Артура была сестра-волшебница Фата-Моргана. Свою волшеб-

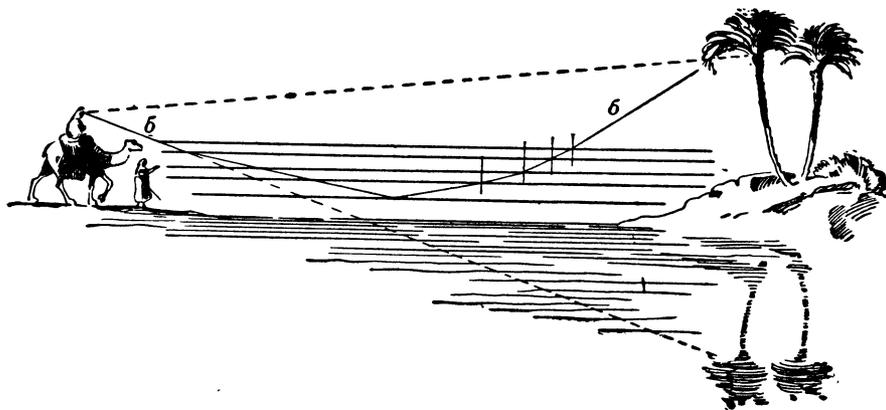


Рис. 75.

ную силу она, по преданию, проявляла, устраивая всевозможные обманчивые воздушные картины. Поэтому явление миража довольно часто называли фата-морганой.

Конечно, явление миража объясняется физическим законом преломления и отражения лучей. Над раскаленной почвой пустыни расстилаются слои воздуха разной температуры, а значит и разной плотности: более горячие слои внизу, у раскаленной почвы, а более холодные — наверху. Если на эти слои упадет под некоторым углом луч света β ,

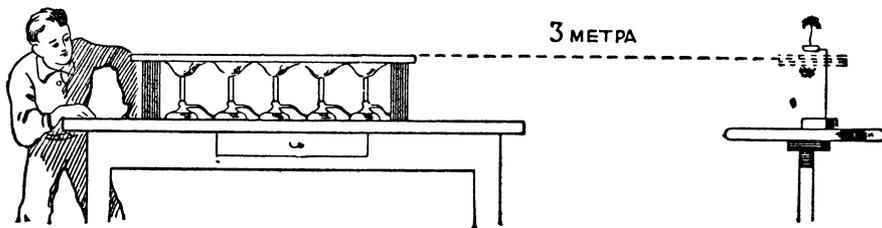


Рис. 76.

отраженный вершиной пальмы (рис. 75), он преломится в слоях воздуха, примерно, так же, как преломлялся бы луч, выходящий из воды в воздух. Правда, здесь преломление луча значительно меньше, и луч проходит ряд слоев воздуха. При этом постепенно уменьшается угол наклона его над горизонтом, и, наконец, наступает момент, когда угол становится таким небольшим, что преломления больше быть не может, и происходит полное внутреннее отражение. Отражающий слой делается как бы зеркалом, и всадник, едущий в пустыне, видит пальму, перевернутую вершиной вниз. Кажется, что она отражается в воде. Но воды нет. Люди и животные находят только голую, раскаленную поверхность пустыни.

На рис. 75 изображение хода лучей при мираже показано условно. Всадник на рисунке находится слишком близко к пальме. На самом деле это явление происходит лишь тогда, когда наблюдатель находится довольно далеко и углы падения лучей света, отражаемых пальмой на раскаленный песок, очень велики.

Нам и самим нетрудно устроить явление миража. Если плита у вас в кухне будет сильно раскалена и вы наклонитесь так, чтобы глаз ваш находился почти на уровне раскаленной плиты, вы увидите тогда, что маленькие предметы, лежащие немного выше поверхности плиты (кусочек хлеба, например), отражаются в плите, как в зеркале.

Автор этой книги взял для опыта полосу железа длиной в 80 сантиметров и накалил ее над пятью газовыми горелками. Затем вырезал маленькую пальму вышиной в 2 сантиметра (из белой бумаги) и поставил ее на расстоянии 3 метров от конца полосы (рис. 76). Получилось совершенно отчетливое отражение пальмы, только края его дрожали, как дрожит отражение в воде.

Игра красок в подзорной трубе. Кто имеет маленькую подзорную трубу, хотя бы самодельную, тот может с ее помощью наблюдать игру красок совершенно исключительной красоты.

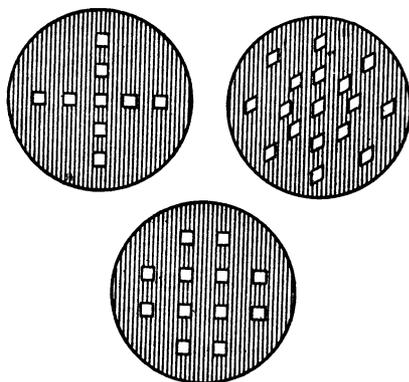


Рис. 77.

Подзорная труба ставится на стол и направляется на какой-нибудь отдаленный блестящий, освещенный солнцем предмет. Можно, например, поставить за окном никелированный шар от кровати или другую никелированную часть. Солнце должно так освещать предмет, чтобы он ослепительно блестел.

Из картона вырезается несколько колечек точно по диаметру объектива трубы. Эти колечки нужно сделать как можно уже. На них наклеиваются кружки из оловянной бумаги. В кружках надо предварительно вырезать ряды правильно расположенных отверстий. Вырезать лучше всего острым ножом, положив оловянную бумагу на стекло. Отверстия могут быть сделаны, например, так, как показано на рис. 77.

Если закрыть этим кружком объектив трубы и направить ее на блестящий предмет, вы увидите удивительный, сияющий всеми цветами радуги рисунок.

Рисунок зависит от расположения отверстий на кружке; он меняется с переменой кружков. То, что мы рассматриваем в калейдоскоп, это только тусклая картина по сравнению с тем, что можно увидеть таким способом.

Оптические обманы. В этой книге вы уже читали о многих ошибках нашего зрения. Мы не всегда можем правильно определить размер предмета или расстояние до него.

Посмотрите, например, на рис. 78. Там нарисованы три человека. Задний кажется нам низкорослым, а передний великаном; только средний, рядом с ними, представляется нам человеком нормального роста. Однако, измерьте фигурки при помощи линейки с делениями, и вы увидите, что все три фигуры совершенно одинаковой высоты. Этот обман получается только из-за специально вычерченного фона. Все линии фона нарочно сведены в одну точку, чтобы вызвать впечатление перспективы и убедить нас, что передняя фигура находится дальше задней.

Мы привыкли к тому, что более отдаленная фигура всегда кажется нам меньше, а так как она здесь одинаковой высоты с более близкими к нам фигурами, мы считаем ее более высокой, чем соседние. Если вы переведете эти рисунки на

бумагу, так же закрасите фигуры черной тушью, но не проведете линий перспективы, — обман зрения уже не получится. Вы увидите, что все три фигуры одинакового роста.

Тут вы ошибались в определении высоты фигур. В следующих опытах вы также ошибетесь в определении расстояний.

Взгляните на три шара, помеченные цифрами 1, 2 и 3 на рис. 79.

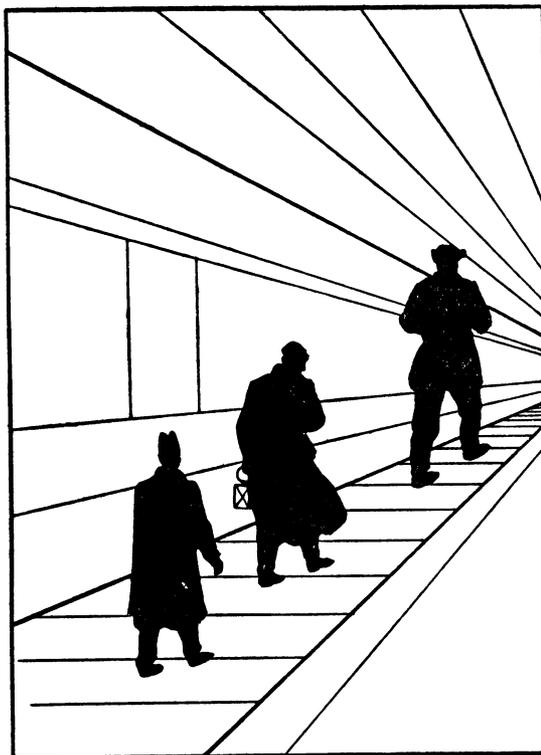


Рис. 78.

Вам покажется, что они отстоят друг от друга на равном расстоянии. Это обман. Измерьте расстояния, и вы увидите, что шар 1 гораздо ближе к 2, чем шар 3.

Расстояние между первым и вторым шарами кажется нам больше только потому, что оно заполнено предметами. У нас на рисунке между этими шарами нарисованы еще четыре.

Так ошибаемся мы довольно часто: когда солнце склоняется к горизонту, оно кажется нам все больше и больше, потому что мы видим



Рис. 79.

его приближающимся к земным предметам и сравниваем диаметр солнца с земными предметами. Когда же солнце стоит высоко в небе и нигде близко нет предметов, с которыми можно было бы сравнить его размер, оно совсем не кажется нам таким большим.

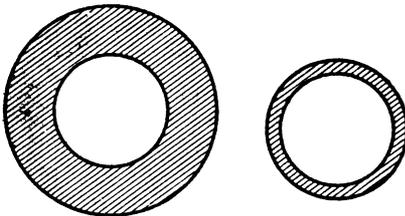


Рис. 80.

Такое явление можно заметить, наблюдая диск луны. Мы поражаемся малому диаметру луны, когда она высоко на небе, после того, как видели громадный диск ее при восходе.

Некоторое объяснение этому явлению вы сейчас получите. На рис. 80 начерчены две пары концентрических кругов. Мы разберем только внутренние круги. Который из них по-вашему больше — левый или правый? Не колеблясь, вы ответите, наверное, что правый. А между тем они совершенно одинаковы. Невозможно отделаться также от ошибочного впечатления, когда вы держите в руках два кольца разной толщины или две трубки со стенками разной толщины, хотя внутренние диаметры их совершенно одинаковы. Вокруг левого внутреннего круга нашему глазу видна на рисунке большая масса, чем вокруг правого, поэтому правый кажется нам меньше сдавленным.

Когда вы смотрите на картину пейзажа, всегда перед вашими глазами два направления: вертикальное и горизонтальное.

Трудно сказать, какое из них вернее оценивается нашими глазами. Скорее горизонтальное, потому что мы привыкли писать и читать написанное горизонтально. Благодаря этому мы приобретаем более верное понятие о длине горизонтальных линий картины.

Рассматривая предметы, расположенные вертикально, мы очень часто ошибаемся в определении их размеров.

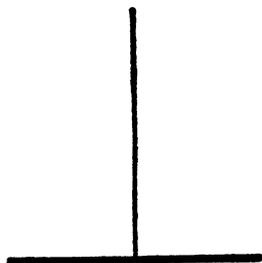


Рис. 81.

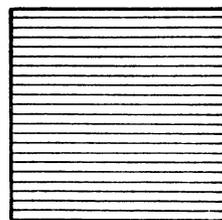
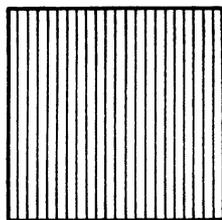


Рис. 82.

Взгляните на рис. 81, на котором видны две линии — горизонтальная и вертикальная. Наверное вам кажется, что вертикальная линия по крайней мере на $\frac{1}{3}$ длиннее горизонтальной, в то время как они совершенно одинаковы.

Из-за того, что мы хуже определяем размеры вертикальных линий, чем горизонтальных, в большинстве случаев квадрат, нарисованный от руки, оказывается ниже, чем нужно, т. е. его вертикальные стороны короче горизонтальных.

А вот взгляните на два квадрата рис. 82. Один прочерчен вертикальными линиями, другой — горизонтальными. Конечно, всякий скажет, что второй квадрат шире и промежутки между горизонтальными полосками шире, чем между вертикальными. А между тем они совершенно одинаковы. Поэтому люди низкого роста, которые хотят казаться более высокими, часто носят платья с вертикальными полосами.

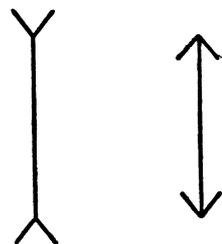


Рис. 83.

Хвосты, усики и другие прибавления, не составляющие корпуса предмета, который вы хотите измерить на-глаз, всегда вводят в заблуждение. На рис. 83 начерчены две совершенно одинаковые линии с усн-

ками, но одни усики направлены внутрь, а другие — наружу. Из-за этого одна линия кажется нам значительно короче, чем другая. Вы можете легко проверить линейкой, что на самом деле они совершенно одинаковы. Рис. 84 обманывает нас из-за косо́й штриховки. Получается впечатление, будто обе полоски расходятся. На самом же деле они параллельны.

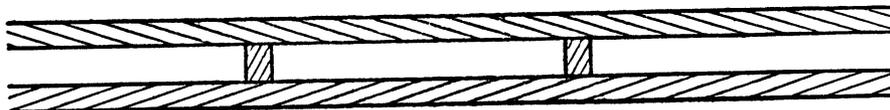


Рис. 84.

Интересный случай показан на рис. 85. Горизонтальные линии там начерчены совершенно параллельно одна другой, по линейке, а между тем нам кажется, что они согнуты в середине и на верхнем рисунке расходятся, а на нижнем — сходятся. Даже если вы приложите

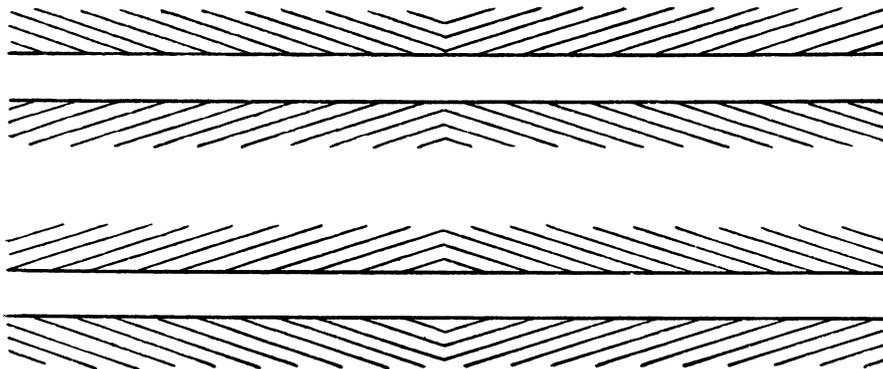


Рис. 85.

линейку и убедитесь, что линии эти прямые и параллельные, все-таки не избавитесь от оптического обмана, когда снимете линейку.

Замечательно простой случай оптического обмана показан на рис. 86. Там начерчены три строго параллельные линии, только косо заштрихованные. Наверное, никто из рассматривающих этот рисунок не поверит, что линии параллельны.

Параллельность линий рис. 84, 85 и 86 легко проверить и без линейки. Поднимите книгу на уровень глаз и посмотрите вдоль линий.

Иногда архитекторы, вычерчивая детали здания, умышленно искривляют линии балок, для того чтобы при рассматривании они казались прямыми. В древних постройках часто находят в балках некоторую кривизну в верхней части, сделанную для того, чтобы балки казались прямыми снизу.

А вот посмотрите на рис. 87 и скажите, какая из двух линий под черной балкой составляет продолжение верхней. Вы, может быть, сразу не решитесь определить это, но, рассматривая рисунок, наверное выберете нижнюю линию и, конечно, ошибетесь.

Забавный обман зрения вызывает также рис. 88. Две части кольца нарисованы одна над другой. Они совершенно одинаковы, но нижняя кажется нам значительно короче верхней. Вы, пожалуй, не сразу

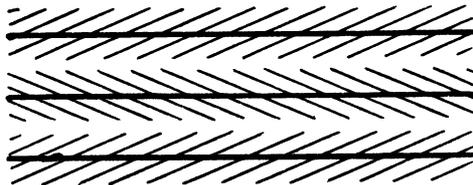


Рис. 86.

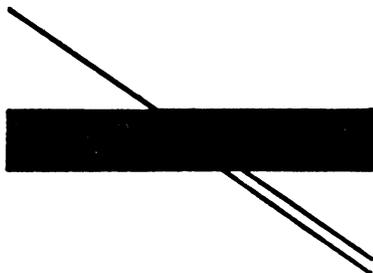


Рис. 87.

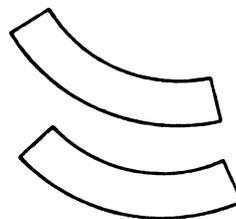


Рис. 88.

заметите, в чем дело. Ведь на нашем рисунке наружные дуги не находятся одна над другой, и вы путаете, сравнивая лежащие рядом наружную дугу одной части кольца и внутреннюю дугу другой части.

Вы, вероятно, смотрели с моста вниз на текущую воду, и в конце концов вам представлялось, что мост поплыл вперед по реке. Если долго смотреть на фабричную трубу, не сводя с нее глаз, нам начи-

нает казаться, что фабричная труба падает. Такое же впечатление вызывают и быстро бегущие над трубой облака.

Иногда облака могут стать действительно причиной падения. Если вы, стоя на площадке трамвая, станете смотреть на плывущие облака, вы очень легко можете свалиться. У вас получится обманчивое впечатление, будто вы падаете, а облака стоят, и, чтобы удержаться от воображаемого падения, вы невольно делаете движение, которое в действительности может привести к падению.

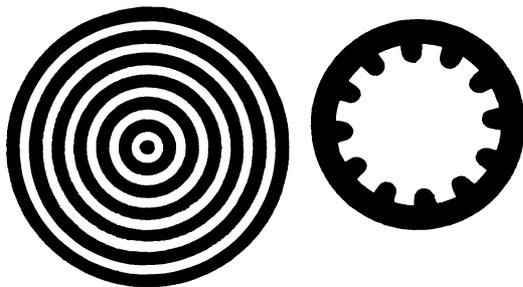


Рис. 89.

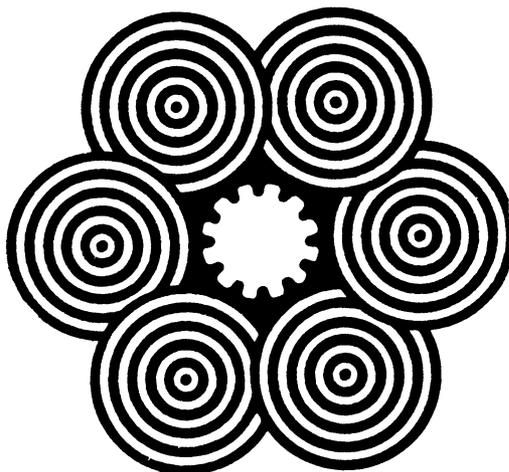


Рис. 90.

Когда вы смотрите из окна вагона, вам кажется, что поезд стоит, а поля, деревья и дома быстро бегут, и только тряска вагона мешает вам поддаться этому обману. Трудно отделаться от обмана, глядя с моста на воду, так как в этом случае ничто не нарушает впечатления.

На этом же основан ежедневный оптический обман, которому поддаются все люди, хотя и знают сущность явления. Это — кажущееся нам движение солнца и светил вокруг земного шара. Очень часто нам кажется, что неподвижные предметы движутся.

На рис. 89 видны несколько концентрических кругов, промежуток между которыми равен толщине кругов. Если вы пристально посмотрите на рисунок и при этом будете слегка вертеть книгу, круги немедленно начнут вращаться по направлению движения книги. Если вы так же

пристально посмотрите на начерченный рядом круг с зубцами, вам покажется, что они бегут в направлении, противоположном движению книги.

Еще интереснее рис. 90. Шесть концентрических кругов окружают зубчатое колесо. Здесь обман зрения поразителен. Если вы будете вращать рисунок, вы увидите, что концентрические круги бегут в том же направлении, что и книга, а зубчатое колесо вращается в обратную сторону.

Стробоскоп. Видимые нами в кино движущиеся изображения также основаны на обмане зрения. Демонстрирование движущихся изображений основано на том, что перед глазами проносится последовательный ряд картин, очень мало отличающихся друг от друга. Наш глаз может отличать различные предметы только тогда, когда ему показывают их не больше десяти-двенадцати в секунду. Если перед глазом проносится большее число почти одинаковых изображений, отличающихся друг от друга, как последовательные положения движущегося предмета, то нам кажется, что мы видим движущийся предмет.

Чтобы лучше понять действие кино, вы можете сделать следующий опыт. Прибор для этого опыта — очень забавная игрушка. На рис. 91 показан кружок, вырезанный из плотного картона. Диаметр его может быть взят в 30—40 сантиметров. Разделите этот круг радиусами на 18—20 частей. На расстоянии 3 сантиметров от краев кружка прорежьте короткие щели шириной, примерно, в полсантиметра. Под

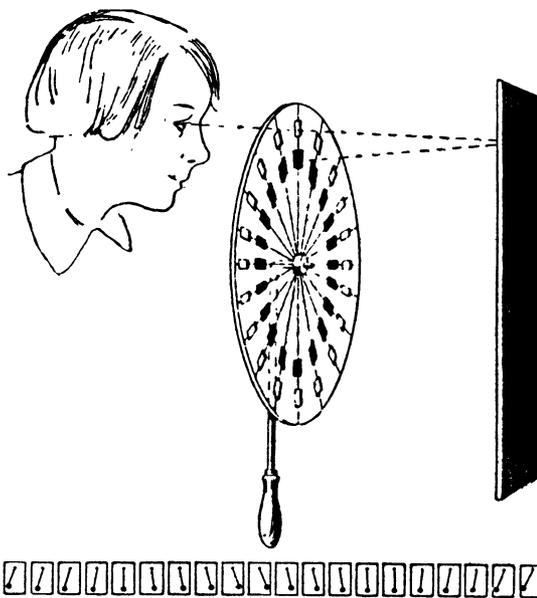


Рис. 91.

прорезанными щелями, на совершенно одинаковом расстоянии от центра кружка, приклейте ряд картинок, нарисованных так, чтобы каждая соседняя картинка немного отличалась от предыдущей. Можно нарисовать, например, кузнеца, постепенно, на каждой картинке, все ниже и ниже опускающего молот и сгибающегося при этом. Когда вы начнете вращать круг перед зеркалом и будете смотреть в прорезы кружка на изображения в зеркале, вам покажется, что кузнец ожил. Он усердно бьет молотом, и вы совсем не видите тех отдельных картинок, которые сами рисовали.

Может быть, вам трудно нарисовать фигуру кузнеца; тогда можете сделать рисунки маятника так, чтобы первое изображение было близко к последнему, как показано на рис. 91, внизу. На этом рисунке видно, как укрепить кружок на изогнутой проволоке, на которой он может вращаться между двумя кусочками пробки.

Со сложными рисунками опыт удается плохо, так что не старайтесь изображать большие картины.

Для того чтобы с помощью стробоскопа можно было рассматривать различные самодельные картинки, нарисуйте их на отдельных кружках плотной бумаги, а потом прикалывайте эти бумажные кружки к картонному кругу стробоскопа. Вы скоро сможете собрать себе коллекцию различных стробоскопических картин.

Птица в клетке. Еще один опыт показывает, что глаз удерживает на некоторое время впечатление виденного даже тогда, когда предмет уже исчез. На одной стороне небольшого белого кусочка картона нарисуйте клетку, а на другой стороне — птицу.

Рисунки должны находиться друг против друга так, что, если бы вам удалось увидеть сквозь картон оба рисунка, птица оказалась бы в перевернутой клетке.

Если к двум сторонам этого картонного кружка вы привяжете по нитке и ими будете вращать картонку, перед вашими глазами будет появляться то рисунок птицы, то рисунок клетки. Не успевая различить их отдельно, вы увидите птицу, сидящую в клетке.

Таким же образом вы можете нарисовать себе множество различных веселых картинок.

Оптические обманы из-за сильного освещения. Каждое сильно освещенное тело кажется больше, чем оно есть в действительности. Объясняется это тем, что световые лучи, дающие на сетчатке глаза изображение освещенного предмета, раздражают не только те нервы, которые непосредственно встретили изображение, но и окружающие их: близкие — больше, более отдаленные — меньше. Это называется иррадиацией.

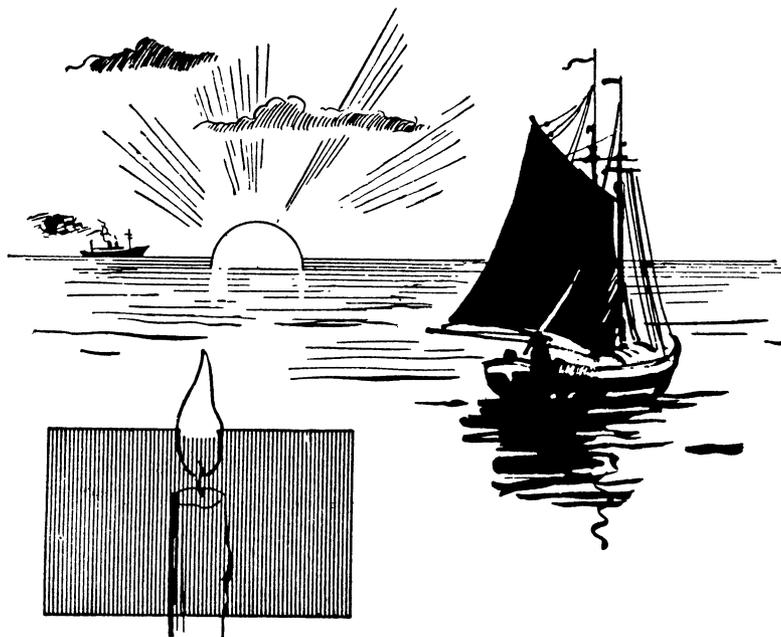


Рис. 92.

Кто видел на берегу моря закат солнца, тот, наверное, наблюдал такое явление. Заходящее солнце кажется погружающимся в воду не на самом горизонте, а перед ним, и даже кажется, что суда, находящиеся на горизонте, могли проплыть за солнцем (рис. 92, вверху). Если вы станете потихоньку опускать свечу позади темного цветного стекла, вы будете видеть верхнюю часть пламени яркой, и нижнюю, находящуюся за стеклом, тусклой. Часть пламени за стеклом покажется

вам уже, чем верхняя, потому что эта часть не вызывает в глазах явления иррадиации (рис. 92, внизу). Вы легко поймете теперь, что трудно сравнивать величины различно освещенных предметов.

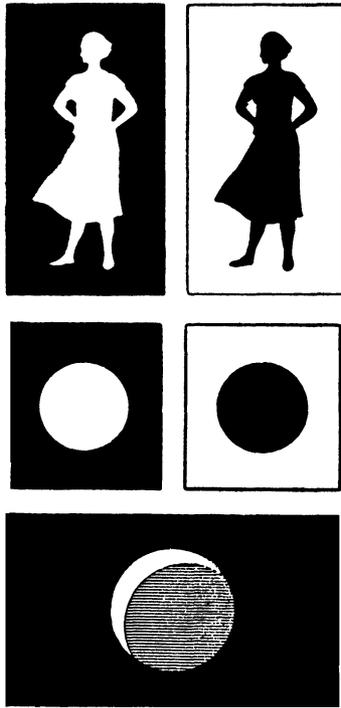


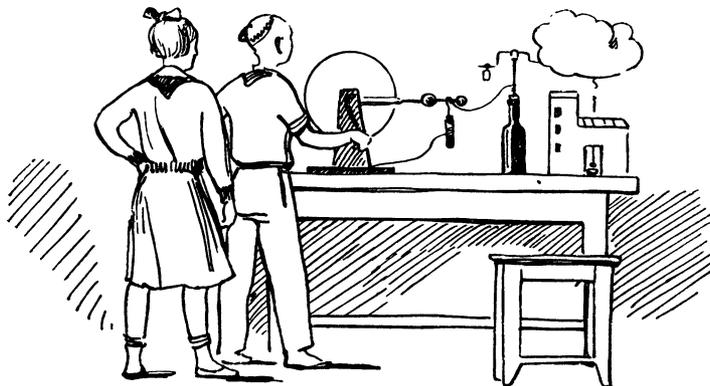
Рис. 93.

все, что мы видим вокруг себя, на самом деле не такое, каким нам представляется. Но дело в том, что мы располагаем еще многими другими чувствами, которые взаимно дополняют и контролируют друг друга. Если отдельные наши чувства несовершенны и их легко обмануть, то, взятые вместе, они дают нам возможность более правильно видеть окружающую нас природу.

Отойдите от стола на три шага и решите, какой из двух кружков рис. 93 больше. Белый левый кружок отражает большее количество световых лучей, поэтому он кажется значительно больше своего действительного размера. На самом деле диаметр его точно равен диаметру соседнего черного кружка. По этой же причине белая женщина на черном фоне кажется больше, чем совершенно черная соседка, хотя они также совершенно одинаковы.

Многие из вас, вероятно, замечали, что при новолунии часто бывает виден не только блестящий серп, но и остальная часть луны, пепельно-серого цвета. Зная, что и серп и другая часть луны, так сказать, «начерчены» одним радиусом, вам все же кажется, что рожки серпа как бы обнимают остальную часть луны. Это явление показано на рис. 93, внизу. В действительности на небе рожки серпа выступают еще яснее.

Прочтя о многих примерах оптических обманов, вы, может быть, подумаете, что



Глава пятая

ОПЫТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

Как добыть электричество. В наше время мы видим работу электричества на каждом шагу. Электрический свет обращает ночь в день. Электричество поднимает тяжести. Оно мчит их по рельсам. Оно приводит в движение тысячи машин, выделяет металлы, нагревает печи; оно передает нашу речь за океан на другие материи.

Но для того чтобы электричество помогало нам во всем, мы сами предварительно должны затратить работу. Для добывания электрической энергии работают специальные машины, в электрических батареях расходуются материалы. Всегда для получения электрической энергии мы должны затратить работу или израсходовать какую-нибудь другую энергию.

Попадалась ли вам когда-нибудь гуттаперчевая расческа? По виду это очень простая вещь, ничего особенного в ней нет, она черная, гладкая, гибкая. Но стоит потереть ее шерстяной тряпкой или шелковым платком — и в ней возникает новое свойство. Правда, по виду она не изменяется, разве становится только более блестящей. Но новое свойство расчески легко обнаружить.

Попробуйте поднести натертую расческу к мелким обрывкам папи-

росной бумаги. Вы увидите, что они быстро подскочат и прилипнут к ней. В расческе появилась какая-то удивительная сила. В древности люди думали, что эта сила есть только в янтаре, в котором впервые было подмечено свойство притягивать легкие тела, если янтарь предварительно натереть.

После того, как мы затратили некоторую работу — натерли расческу, — она, как принято говорить, наэлектризовалась и стала притягивать к себе ненаэлектризованные предметы. Свойства многих предметов электризоваться трением мы подтвердим еще на ряде других опытов.

Сургуч и мыльный пузырь. Чем легче тело, которое мы хотим притянуть наэлектризованным предметом, тем, конечно, оно лучше притягивается и тем с большего расстояния его можно притянуть. Очень хорошо получаются опыты с мыльными пузырями.

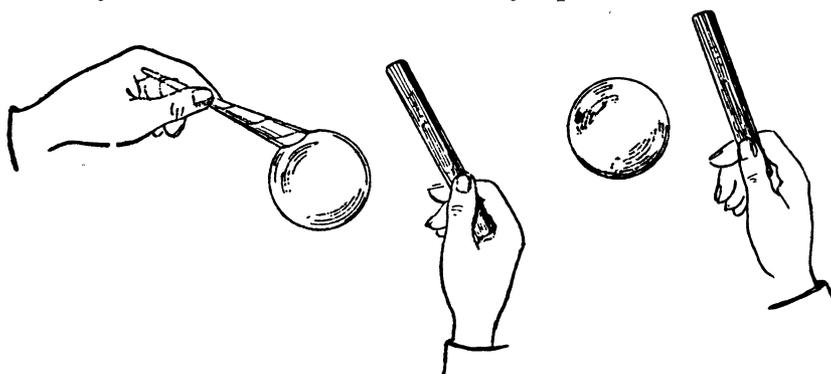


Рис. 94.

Натрите шелковым лоскутком палочку сургуча так же, как вы натерли гуттаперчевую гребенку. Выдуйте пузырь, стряхните его с трубки и теперь палочкой сургуча можете вести его за собой по всей комнате, то поднимая вверх, то опуская вниз. Пузырь будет точно следовать за палочкой (рис. 94).

Конечно, не нужно, чтобы пузырь прикасался к палочке; все время ведите палочку на некотором расстоянии от пузыря.

Стекла́нная палочка и маятник из бузины. Не всегда удобно бывает возиться с непрочными мыльными пузырями, для того чтобы проделать опыт. Поэтому пузырь с успехом можно заменить какими-нибудь другими легкими предметами, например шариком, вырезанным из сердцевины бузины, цилиндром из папиросной бумаги или просто обрезками папиросной бумаги.

Чтобы было удобнее производить опыты, подвесьте эти легкие вещицы на шелковинках или просто на тонких легких ниточках к стеклянным подставкам (рис. 95). Подставки делаются из толстостенных стеклянных трубок длиной по 25 сантиметров. Основания можно сделать из чего угодно: из дощечек, из картонных плоских коробок — круглых, четырехугольных — все равно.

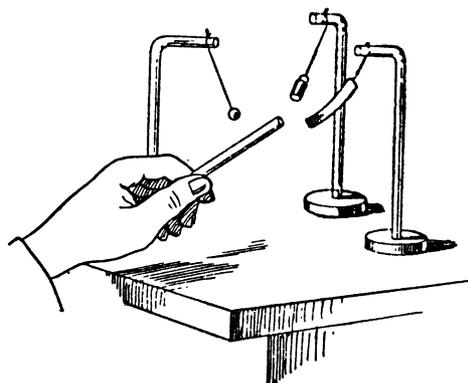


Рис. 95.

Трубки прикрепляются клеем или сургучом. Достаньте стеклянную палочку, но не очень тонкую: ее удобнее натирать. Концы палочки оплавьте на огне, чтобы не порезать пальцы.

Натерев стеклянную палочку, вы увидите, что бузинный шарик притягивается к ней на довольно большом расстоянии.

Также притягиваются к ней обрывки бумаги и бумажный цилиндр.

Но если бузинный шарик прикоснется к стеклянной палочке, тогда получится уже другое явление, о котором мы будем говорить дальше.

„Ано-като“. Это очень интересная игрушка, основанная на свойстве тел электризоваться трением.

Возьмите деревянную коробку высотой в 3—4 сантиметра и оклейте ее со всех сторон и изнутри оловянной фольгой, в которую заворачивают чай, шоколад и конфеты. На дно этой коробки положите разные

фигурки, сделанные из бузиной сердцевины: палочки, шарики, змейки, куколки и т. п. Все части куколок аккуратно нанижите на нитки, чтобы руки и ноги свободно поднимались.

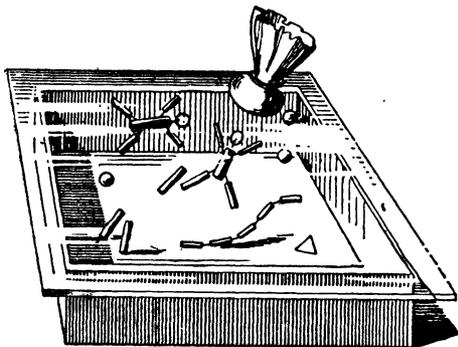


Рис. 96.

Коробку с фигурками накройте обычным стеклом и попробуйте потереть стекло шелковым узелком или жгутом. Смотрите сквозь стекло, что делается с вашими мертвыми фигурками. Они стали подкакивать и подниматься (рис. 96). Куколки поднимают руки и ноги все выше и выше и, наконец, целиком прилипают к стеклу.

Как только вы перестанете натирать стекло, игрушки начнут падать вниз. Длинные предметы падают не сразу, а сначала становятся на один конец. Упавшие куколочки продолжают еще немного вздрагивать, протягивают кверху руки, будто не желают расстаться с «жизнью», данной им электричеством.

Если вы будете время от времени натирать стекло, фигурки будут смешно плясать под ним.

Оригинальный фонтан. Помните, как мы устраивали очень простой фонтан? Высоко на шкафу ставили ведро с водой, а из него шел сифон со стеклянной и резиновой трубками.

Сделайте еще раз такой фонтан так, чтобы струя воды была до высоты около 50 сантиметров, и направьте ее не прямо вверх, а немного в сторону, в таз.

Диаметр отверстия трубки фонтана должен быть не более 2 миллиметров. Струя образует красивый снопок, рассыпающийся мелким дождем.

Если вы приблизите к струе натертую гуттаперчевую, стеклянную или сургучную палочку, вид струи сразу изменится. Сноп стянется, водяные капли соединятся, и получится светлая спокойная струя, которая будет без брызг падать в таз (рис. 97).

Этот опыт стоит произвести, потому что получается очень эффектный результат, и вы можете его спокойно демонстрировать. Не бывает случая, чтобы он не удался.

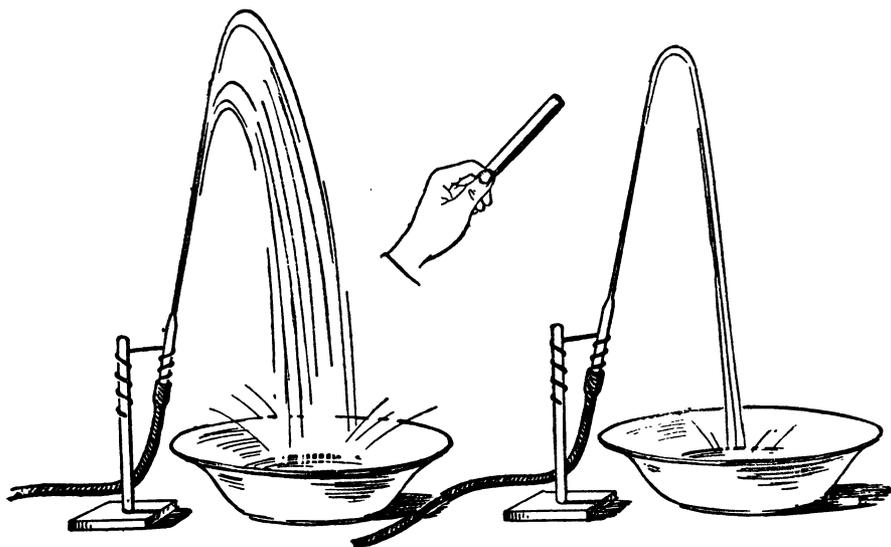


Рис. 97.

Чувствительность струи фонтана можно сравнить только с чувствительностью огня к звуковым волнам. Опыт с управлением струей фонтана удастся иногда даже на довольно большом расстоянии.

Разные проводники электричества. Мы говорили о многих легко электризующихся телах. Мы брали гуттаперчу, сургуч, стекло, упоминали об янтаре. Ученые, конечно, заинтересовались электрическими свойствами различных тел. Исследования показали, что тела делятся на две группы. В то время как гуттаперча, сургуч, кожа, шелк легко электризуются, металлы, человеческое тело и другие тела не обнаруживают и следа электричества при самом сильном трении. Поэтому все тела делили на электризующиеся и неэлектризующиеся. Это мнение, однако, было ошибочным.

Теперь известно, что могут быть наэлектризованы все тела. Различие состоит лишь в том, что на телах одной группы электричество распространяется очень быстро по всем направлениям, а в телах другой группы оно остается на том месте, где было вызвано трением. Можно сказать, что одни тела хорошо проводят электричество, а другие не проводят его. Поэтому, чтобы сохранить электричество в хорошо проводящем теле, под него делают подставку или подкладку из материалов, не проводящих электричество. Для того же, чтобы передать электричество на некоторое расстояние, употребляют хорошо проводящие материалы — проводники.

Стекло — плохой проводник, или, как говорят, изолятор или диэлектрик. Поэтому оно электризуется трением: электричество остается на конце палочки и не передается на всю его поверхность. Металлическая палочка, электризуясь при помощи трения, проводит электричество по всей своей длине, передает его нашему телу, а тело без задержки проводит его в землю.

Чтобы не допустить перехода электричества в землю, металлическую палочку вкладывают в стеклянную трубку, вклеивая ее сургучом. Получается стеклянная ручка — изолятор, и через нее электричество металлического прута не может перейти в наше тело. С помощью таких изоляторов можно электризовать и металлические предметы.

Чтобы понять некоторые свойства электричества, сделайте такой опыт.

Сложите две стопки книг и укрепите на них, как показано на рис. 98, две стеклянные трубочки так, чтобы они выступали приблизительно на 15 сантиметров. На концы этих трубочек положите толстую металлическую проволоку. К одному концу проволоки подставьте подвешенный на стеклянной трубочке бузинный шарик. Чтобы проволока не скатывалась со стеклянных трубок, можно привязать ее ниткой. Если теперь другой конец проволоки вы тронете наэлектризованной стеклянной палочкой, электричество с палочки сейчас же перейдет на проволоку, и вы увидите, как шарик притянется к ней. Электричество распространилось по проволоке, но уйти с нее оно не может потому, что стеклянные трубки, на которых лежит проволока, не пропускают электричество.

Теперь на те же стеклянные трубочки положите вместо электрической проволоки длинную стеклянную палочку. Вы можете сколько угодно натирать один конец этой палочки или пробовать передать ей

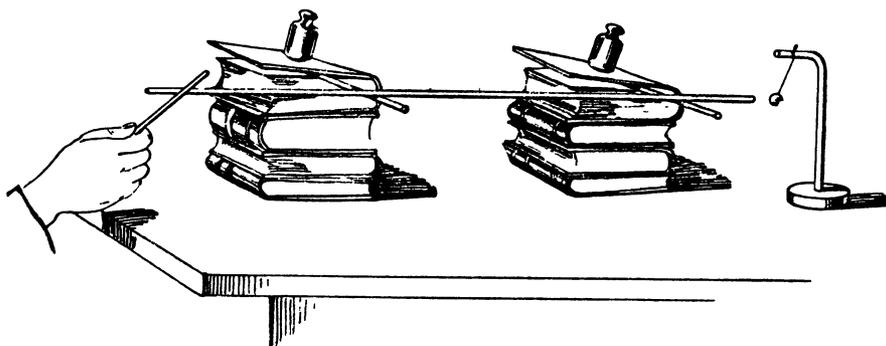


Рис. 98.

электричество с другой стеклянной палочки, все равно у вас ничего не получится: бузинный маятник не шевельнется. Но, если вы подставите маятник к другому концу наэлектризованной палочки, он сейчас же притянется к нему.

Разные электричества. Мы надеемся, что наши читатели не только будут делать опыты, которые мы описываем, но постараются понять все причины и законы, на которых основаны эти опыты. Мы же облегчим эту задачу и опишем несколько легких опытов. Приборы для опытов у нас уже имеются.

Первый прибор — это бузинный шарик на шелковинке. Притяните его наэлектризованной стеклянной палочкой, только дайте ему дотронуться до палочки, чтобы он пристал. Если он не отпадет сам, отнимите палочку, не дотрагиваясь до шарика рукой. Теперь, как бы вы ни приближали наэлектризованную палочку к шарика, она не только не будет его притягивать, но наоборот — он будет убегать от палочки, увертываться от нее так же, как за минуту до этого сам бросался к ней навстречу.

Что же произошло? Произошло вот что. Часть электричества из палочки в момент прикосновения ее к шарика перешла в шарик. До-

троньтесь до шарика пальцем. Этого достаточно, чтобы разрядить его, и после этого он попрежнему будет притягиваться к палочке. То же самое произойдет, если вместо стеклянной палочки вы возьмете сургуч. Шарик притянется к нему, а затем, после прикосновения, будет отталкиваться.

Возьмите теперь две подставки с шариками и зарядите шарики разными электричествами: один — электричеством стекла, другой — электричеством сургуча. Шарики тотчас же притянутся друг к другу. Если же зарядить их одним и тем же электричеством, они будут отталкиваться друг от друга (рис. 99, *А* и *В*).

На основании этих опытов мы можем вывести три важных заключения:

1. Ненаэлектризованный шарик притягивается стеклянной, сургучной и гуттаперчевой палочками. Это значит, что предметы, заряженные каким угодно электричеством, притягивают ненаэлектризованные предметы.

2. Шарик, заряженный электричеством стеклянной палочки, не только не подходит к ней близко, но даже отталкивается от нее. Значит, тела, заряженные однородным электричеством, отталкиваются друг от друга.

3. Шарики, заряженные один — электричеством стеклянной палочки, а другой — электричеством сургучной, притягиваются друг к другу, а заряженные оба то одним, то другим электричеством, отталкиваются. Значит, тела, заряженные разнородным электричеством, притягиваются друг к другу.

Вы, вероятно, сами догадались, почему мы подвешиваем шарики на подставках из стекла. Стекло не проводит электричество в землю, и опыты с шариками можно производить спокойно. Сухой воздух не проводит электричество, а влажный проводит довольно хорошо. Поэтому опыты с электричеством трудно производить во влажном воздухе. Перед опытами подставки нужно вытирать суконкой или немного прогреть их. Можно покрыть стекло спиртовым лаком. Он тоже плохой проводник электричества и хуже стекла принимает влагу.

Произведя опыты с бузинными шариками, вы убедитесь, что в предметах действительно есть электричество, потому что увидите проявление его.

Прибор, с помощью которого вы убедитесь в существовании электричества, называется электроскопом. Еще более простой электроскоп можно устроить из обрезков папиросной бумаги.

Вырежьте полоску папиросной бумаги в 20 сантиметров длиной и в 1—2 сантиметра шириной, согните ее пополам, проденьте в петлю из

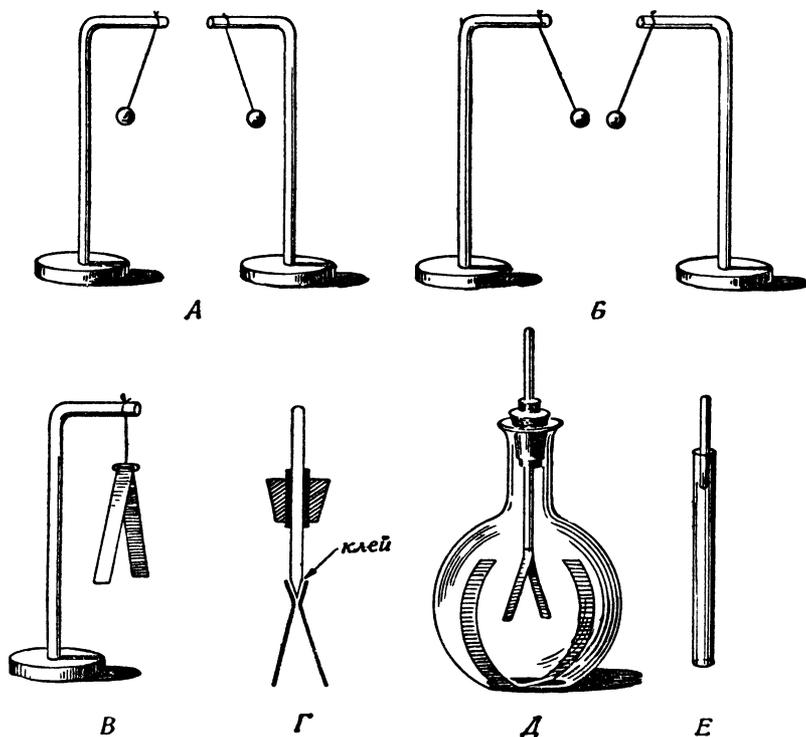


Рис. 99.

тонкой медной проволоки, а середину проволочной петли привяжите шелковой ниткой к стеклянному штативу так, чтобы концы бумаги висели вниз (рис. 99, B). Если вы дотронетесь до проволочной петли наэлектризованной сургучной или стеклянной палочкой, концы бумажки сейчас же разойдутся в разные стороны. Электричество с сургуча или стеклянной палочки переходит в бумагу, и концы ее, точно

предметы, висящие рядом и наэлектризованные одним и тем же электричеством, отталкиваются друг от друга.

Чтобы предохранить такой электроскоп от ветра или сырости, надо поместить его в стеклянную бутылку или под стеклянный колпак.

Еще чувствительнее будет этот аппарат, если бумагу заменить сусальным золотом. Две полоски сусального золота в 4—5 сантиметров длиной и 2—3 миллиметра шириной приклеиваются яичным белком к заостренному нижнему концу медной проволоки (рис. 99, Г). Сусальное золото обычно продается в специальных книжечках и разрезать его нужно вместе с бумагой, между которой оно там лежит. Разрезать можно и перочинным ножом на чем-нибудь твердом: главное — не касаться его пальцами, оно пристаёт к коже и скручивается.

Приклеивается золото так: чуть-чуть смазывается белком конец проволоки и прикладывается к одной золотой полоске. Когда клей высохнет, так же приклеивается золотая полоска с другой стороны. С сусальным золотом надо обращаться очень осторожно: даже от дыхания оно может улететь или свернуться. До приклеивания проволока тщательно вычищается мелкой стеклянной бумагой и второй конец ее закругляется.

Чтобы лучше предохранить прибор от сообщения с землей, вклейте проволоку с листочками в стеклянную трубку. Вклеить ее можно расплавленным сургучом.

Стеклянную трубку с проволокой внутри вставьте в пробку (рис. 99, Г) и для предохранения от влияния ветра и влаги поместите этот прибор в тонкостенную стеклянную колбу. Колбу хорошенько высушите в теплом месте, а для усиления действия электроскопа на нижнюю часть ее наклейте полоску оловянной фольги (рис. 99, Д).

Полоска должна пройти через центр дна колбы и прийтись напротив полосок золота как раз так, чтобы золотые полоски при раздвигании получались точно против оловянных.

Этот электроскоп так чувствителен, что до него даже нельзя дотрагиваться натертой сургучной или стеклянной палочкой, так как листочки слишком сильно оттолкнутся друг от друга и могут совсем оторваться.

Поэтому для опытов с таким чувствительным электроскопом употребляется еще особый «посредник» (рис. 99, Е). В небольшую стек-

лянную трубку вклеивается на сургуче кусочек медной проволоки. Этой палочкой, ее проволочным концом дотрагиваются до того предмета, в котором хотят обнаружить электричество. Затем этим же концом прикасаются к концу проволоки электроскопа. Если только в испытуемом теле есть электричество, золотые полоски сейчас же разойдутся в разные стороны.

Чтобы разрядить прибор для нового испытания, достаточно дотронуться пальцем до проволоки электроскопа.

Положительное и отрицательное электричество. Если вы будете переносить палочкой посредника электричество со стеклянной палочки на электроскоп, то от каждого нового заряда золотые полоски будут раздвигаться все шире и шире. Разрядив аппарат пальцем, начнем также заряжать его электричеством от сургучной палочки. Вы увидите, что получается то же самое. Значит, последовательная зарядка однородным электричеством увеличивает количество его в электризуемом теле.

Но если к электроскопу, заряженному электричеством стеклянной палочки, вы приложите предмет, заряженный электричеством сургучной палочки, вы увидите, что золотые полоски начнут сближаться и, может быть, совсем повиснут. Электроскоп разрядится. Оказывается, что одно электричество уничтожается другим.

Одно электричество, получаемое от стеклянной палочки, условно названо положительным. Обозначают его знаком плюс (+). Другое электричество, получаемое от сургучной палочки, принято называть отрицательным электричеством. Обозначают его знаком минус (—). Эти знаки всегда употребляют и в статьях об электричестве и при изображении электрических аппаратов на рисунках и чертежах.

Многочисленными опытами было установлено, что существует только два этих вида электричества, какими бы способами мы его ни добывали.

Электрофор. Электричества, которое мы получаем, натирая стеклянную или другие палочки, очень немного. Чтобы получить значительное количество электричества, пользуются специальным прибором,

называемым электрофором, или всевозможными машинами, дающими электричество.

Электрофор нетрудно соорудить самому.

Сделайте из жести круглый таз (рис. 100) диаметром в 20 сантиметров и высотой в 3 сантиметра. В этот таз положите столько толченой канифоли, чтобы, когда она растопится, уровень ее был, примерно, на 1 сантиметр ниже края таза. Канифоль легко воспламеняется, поэтому ее надо растапливать на не очень горячем месте плиты. Можно расплавить канифоль в глубокой закрытой кастрюле, а затем вылить в таз. Таз с расплавленной канифолью поставьте горизонтально, чтобы также горизонтально застыла канифоль.

Когда канифоль застывает, следите за ней и, если на поверхности будут появляться пузырьки, прокалывайте их иглой — тогда канифоль застынет совершенно гладко. Так как чистая канифоль легко дает трещины при остывании, к ней надо прибавить немного воска.

Когда таз с канифолью будет готов, приготовьте металлический круг немного меньшего диаметра, чем таз. В середине этого круга припаяйте жестяной цилиндр с изолирующей ручкой. Ручку лучше всего сделать из стеклянной трубки и вклеить ее в цилиндр сургучом или какой-нибудь смолой. Металл для круга выберите потолще и по линии окружности хорошенько закруглите его напильником и наждачной бумагой, чтобы нигде не было острых краев.

Можно сделать электрофор и еще проще. Нужно налить канифоль в какую-нибудь подходящую жестяную тарелку, а вместо металлического круга взять кружок из толстого картона или тонкой фанеры, оклеив его аккуратно оловянной фольгой с обеих сторон. Не забудьте также оклеить и края кружка. Вместо стеклянной ручки можно взять палочку сургуча. Конечно, результаты с таким упрощенным электрофором будут немного хуже.

Натрите хорошенько поверхность канифоли сухой шелковой материей или, еще лучше, сильно поколотите ее кусочком лисьего или кошачьего меха, — канифоль уже заряжена. Конечно, это заряд отрицательного электричества, как мы условились его называть. Наложите на поверхность канифоли металлический круг, дотроньтесь до него пальцем, затем отнимите палец, а потом поднимите круг за ручку. Теперь и круг зарядился электричеством. Попробуйте легонько поднести

к этому кругу палец. Когда палец будет близко от круга, произойдет разряд. Электричество круга соединится с отрицательным электричеством земли через палец — проводник, и вы увидите молнию в миниатюре.

Между кругом и пальцем проскочит маленькая искра, и раздастся слабенький треск.

Накладывая круг на канифоль, прикасаясь к нему пальцем и снова поднимая, вы можете несколько раз зарядить его электричеством. Наконец, заряд электричества в канифоли ослабеет, и ее придется снова

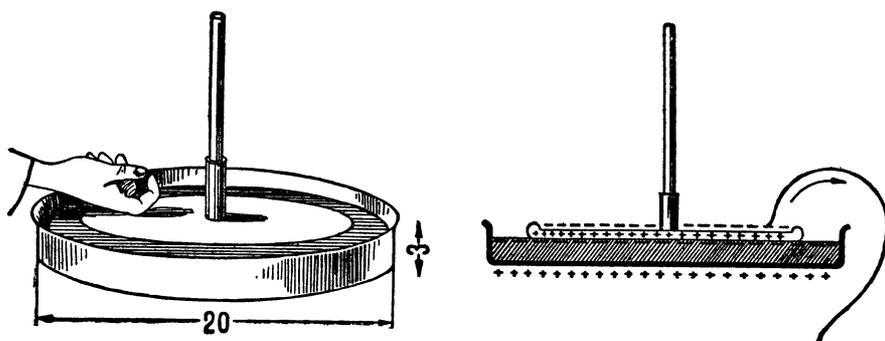


Рис. 100.

натирать мехом. Электрофор разряжается оттого, что отрицательное электричество канифоли соединяется с положительным электричеством влажного воздуха.

Мы сейчас говорили «положительное электричество воздуха», «отрицательное электричество земли», точно они оба, эти электричества, одновременно находятся в воздухе и в земле. Оно так и есть в действительности: электричество есть во всех телах, а не только в воздухе и земле.

Раньше мы сказали, что два разных электричества как бы взаимно уничтожаются, «поглощают» друг друга. Это не значит, что они уничтожаются окончательно. При соединении они как бы «парализуют» друг друга, но не исчезают. Предположим, вы возбудили сильный заряд отрицательного электричества на поверхности электрофора. Когда вы наложите на него металлический кружок, сейчас же к электрофору

притянется положительное электричество кружка из того запаса, который имеется в кружке.

То электричество, которое содержится в кружке, распределяется так, что часть положительного электричества тотчас же перемещается в сторону электрофора, а равная ему часть отрицательного отходит к наружной поверхности кружка. Прикосновением пальца вы отводите это отрицательное электричество в землю.

Размещение положительного и отрицательного электричества в электрофоре показано на рис. 100, справа.

Электрическая машина. В некоторых электрических машинах электричество добывают трением.

Такую небольшую электрическую машину нетрудно сделать самому.

Готовая машина показана на рис. 101, *А*. Из доски толщиной в 1 сантиметр выпилите основание машины. Длина основания 25—30 сантиметров, ширина — 18 сантиметров. Из такой же доски выпилите еще две стойки высотой по 18 сантиметров, снизу пошире, кверху поуже (рис. 101, *Б*). В верхних концах стоек просверлите такие отверстия для оси, чтобы ось свободно проходила в них, но не болталась.

Стойки приклейте к основанию, как показано на рисунке. Но, когда приклеите стойки, уже нельзя будет вставить ось с кругом. Поэтому пропилите верхушку одной стойки как раз через отверстие. По размеру отпиленного кусочка сделайте деревянную приставку и на винтах прикрепите ее к стойке после того, как вставите ось (рис. 101, *В*).

Чтобы ось не болталась из стороны в сторону, по обе стороны одной из стоек (лучше разрезанной) наклейте на ось деревянные кольца (рис. 101, *Г*). Ось сделайте из железной проволоки толщиной в 8—10 миллиметров. На одном конце ее должна быть изогнутая ручка. Смотрите только, чтобы ось была совершенно прямой. Стекланный круг диаметром в 20 сантиметров укрепляется на оси двумя деревянными кружками с обеих сторон. Эти кружки и стекланный круг лучше всего приклеить шеллаком.

Стекланный круг с отверстием посредине вам, пожалуй, не сделать самому. Попробуйте заказать его в мастерской, шлифующей стекло.

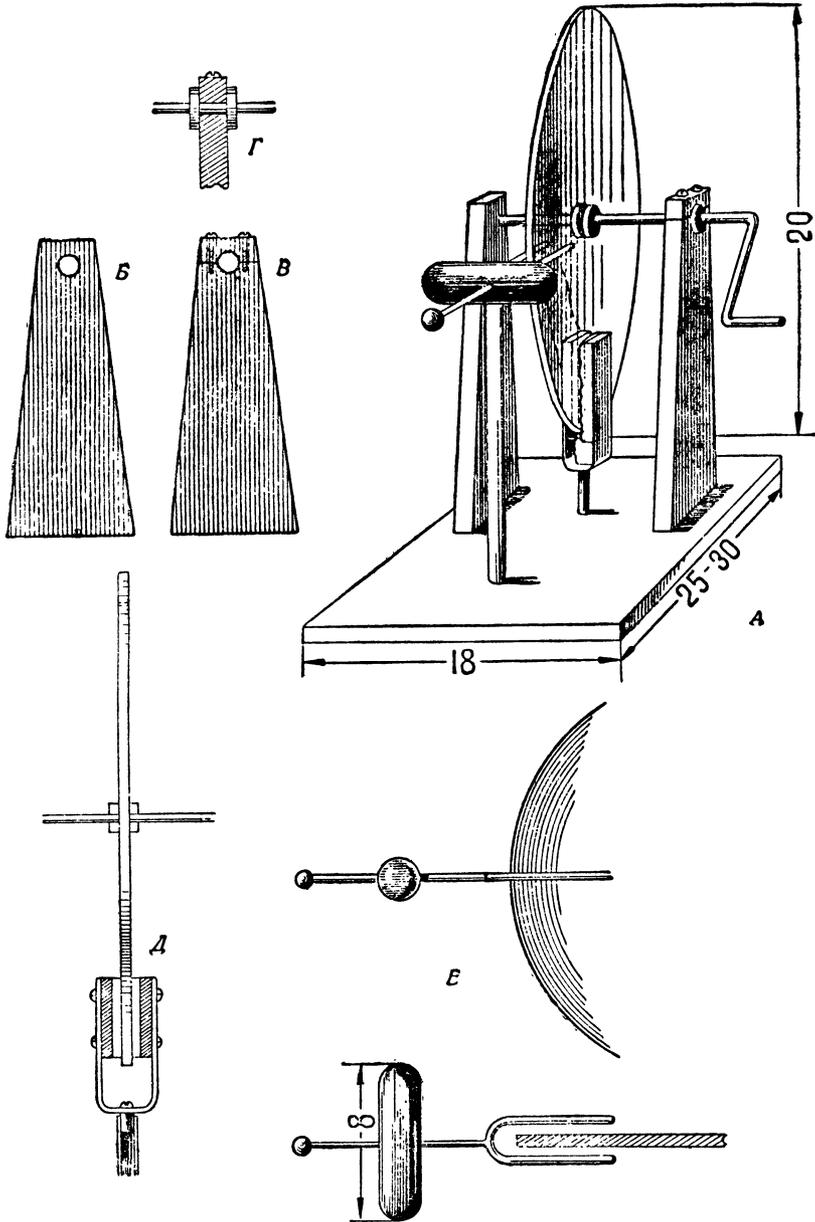


Рис 101.

Теперь изготовьте приспособление для трения. Оно видно на рисунке. Это две подушки, прижатые к обеим сторонам стеклянного кружка. Подушки оклеены кошачьим мехом. Если нет кошачьего меха, его можно заменить каким-либо другим короткошерстным и не жирным мехом или просто толстой замшей. Но замшу надо сначала амальгамировать. Амальгама готовится так. Налейте немного ртути на обрезки цинка, когда ртуть растворит цинк, натрите замшу этим составом.

Подушки электрической машины называются щетками. Две щетки соединяются изогнутой П-образной пластинкой и привинчиваются к ней или приклеиваются. Пластинка привинчивается к короткому круглому деревянному бруску, который потом вклеивается на шеллаке или сургуче в обрезок толстой стеклянной трубки (рис. 101, Д). Трубка вклеивается в подставку под кругом.

Постарайтесь сделать всю работу аккуратно, чтобы подушки нажимали равномерно на обе стороны круга. Тогда машина будет прекрасно работать. Как только вы завертите кружок за ручку, он тотчас же наэлектризуется с обеих сторон отрицательным электричеством. Но это электричество надо еще собрать. Для этого нужен так называемый кондуктор. Он показан на нашем рисунке установленным на машину и отдельно (рис. 101, Е, сбоку и сверху).

Возьмите прочную стеклянную трубку такой высоты, чтобы она доходила до оси круга. На нее насадите небольшой деревянный цилиндр с круглыми краями. Длина цилиндра — 8 сантиметров, диаметр — 4—5 сантиметров. Цилиндр хорошенько поскоблите стеклом и протрите стеклянной бумагой, чтобы он был совсем гладким. Его можно весь оклеить оловянной бумагой или только двумя полосками: одной вдоль, а другой поперек так, чтобы они перекрещивались как раз в том месте, где будет проходить стержень от медной вилки, между концами которой вращается круг. Готовый кондуктор покройте шеллаком, чтобы он не впитывал влагу.

Вилка кондуктора и стержень делаются из толстой медной проволоки и крепко спаиваются. Вилка должна быть сделана с таким расчетом, чтобы концы ее были на расстоянии нескольких миллиметров от кружка. Концы вилки закруглите, а на конец стержня насадите медный или свинцовый шарик. Можно взять охотничью картечь или

шарик от рыболовного грузила. Стержень вилки хорошенько протрите мелкой стеклянной бумагой, чтобы он был совершенно гладким. Только внутреннюю сторону вилки пропилите рашпилем. Она должна быть шероховатой.

К краям щеток приклейте еще со стороны вилки дугообразные полоски тонкой кальки или упругой шелковой материи. Эти «крылья» обозначены пунктиром на рис. 101, А. Когда поверхность круга наэлектризуется, эти полоски как тела ненаэлектризованные подтягиваются к кругу и продолжают процесс трения до самого кондуктора. Когда действие машины прекращается, они свободно отпадают. Едва вы начнете вращать круг, он зарядится отрицательным электричеством и передаст заряд кондуктору. Поднесите согнутый палец к шарик кондуктора, и тотчас же получится разряд — с треском проскочит искра.

Цилиндрическая машина. Цилиндрическую машину устроить гораздо легче. На рис. 102 показана самая простая машина. Цилиндр ее — это обыкновенная винная бутылка. Вместе с пробкой в горлышко бутылки вклеена коленчатая ручка. Стойки для осей такие же, как и у предыдущей машины, только немного ниже. Обе они цельные, так как в этой машине ось составная.

В углубление дна бутылки вклеивается деревяжка, на нее сквозь стойку нажимает винт. В месте нажима винта в деревяжке сделано маленькое углубление, чтобы бутылка не соскакивала с

оси. Этим же винтом бутылка прижимается к противоположной стойке, чтобы она не двигалась из стороны в сторону и не могла выскользнуть. Под конец винта, чтобы он не врезался в деревяжку, надо подложить обрезок железа с ямкой.

Щетка в этой машине только одна — это дощечка такой же длины, как и цилиндрическая часть бутылки, и шириной в 4—5 сантиметров.

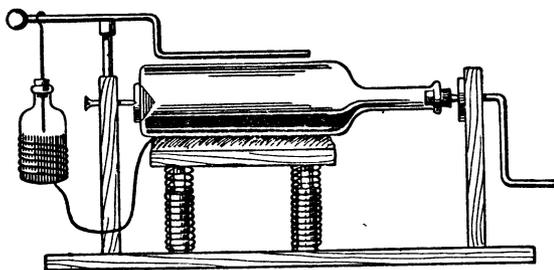


Рис. 102.

Дощечка оклеена кожей и прижимается к бутылке двумя тугими пружинами. Чтобы щетка не выскакивала из пружин при вращении бутылки, вставьте в подставку машины две короткие трубки. В щетку врезаются два деревянных стержня такого диаметра, чтобы они входили в отверстия трубок. Тогда щетка сможет подниматься вверх и вниз, следуя за бутылкой, но не будет выскакивать.

Кондуктор этой машины совсем простой. В верхушку левой стойки вклеивается толстостенная стеклянная трубка. На нее насаживается кондуктор, выгнутый из толстой железной проволоки. Для того чтобы было удобнее насадить кондуктор на трубку, к нему нужно припаять небольшой металлический колпачок. Это хорошо видно на рисунке.

К щетке этой машины тоже можно приклеить крыло; ширина его должна быть приблизительно равна диаметру бутылки. Когда начнете вертеть за ручку, крыло поднимется, прилипнет к бутылке и закроет ее почти до кондуктора.

Но для того чтобы эта машина хорошо работала, к ней придется сделать еще одно несложное приспособление — так называемую лейденскую банку. Лейденская банка видна на нашем рисунке с левой стороны. Она сделана из небольшой бутылки. Изготовление лейденских банок описано дальше. Стержень, выходящий из пробки бутылки, заканчивается крючком. Крючок висит на проволоке кондуктора, а провод, обернутый вокруг бутылки, подведен к щетке машины. С лейденской банкой эта машина работает очень хорошо.

Конденсаторы. Приборы, собирающие электричество, называются конденсаторами. Для того чтобы понять, как они работают, представьте себе две смежные комнаты, разделенные тонкой перегородкой. По обе стороны перегородки летает масса мух, снующих по всем направлениям. Вообразим, что все мухи по одну сторону перегородки заряжены положительным электричеством, а с другой стороны — отрицательным. Тогда все мухи притянутся через перегородку друг к другу и облепят ее с обеих сторон. Если опять впустить по обе стороны перегородки наэлектризованных мух, их постигнет та же участь.

Теперь представьте себе два листа оловянной фольги (рис. 103, А)

с перегородкой между ними — стеклянной пластинкой. Мухи — это частицы электричества, которые попадают на бумагу, находящуюся слева от электрической машины. К правой бумажке прикреплен провод, соединенный с землей. Электрический заряд, который из кондуктора электрической машины переходит на левую оловянную полоску, притягивает электрический заряд земли на правый листок оловянной фольги.

По мере работы электрической машины на обоих листках скапливается все больше и больше электрических зарядов. Таким способом можно получить на стекле очень сильный заряд. Если бы можно было

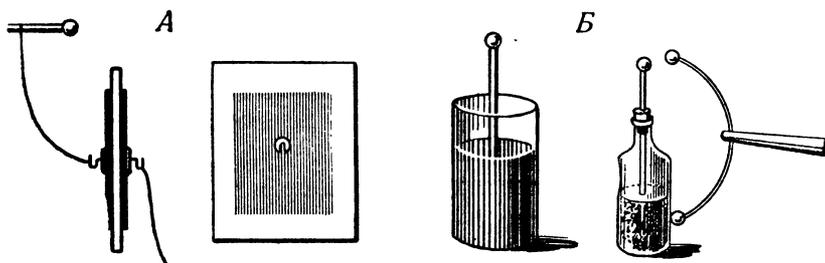


Рис. 103.

вытащить стекло, оба электричества стремительно соединились бы друг с другом. То же самое произойдет, если предоставить им какой-нибудь другой путь соединения, например, присоединить к обоим сторонам проволоочки. Тогда при сдвигании концов проволоочек между ними произойдет сильный разряд. Этот прибор и есть конденсатор (сгуститель электричества), а листки оловянной фольги, приклеенные по обе стороны стекла, называются его обкладками.

Такой плоский конденсатор изобрел американский ученый Вениамин Франклин.

Если вы дотронетесь до одной обкладки заряженного конденсатора правой рукой, а к другой прикоснетесь левой, разряд электричества пройдет через ваше тело, и вы почувствуете сильный толчок или сотрясение. Сила сотрясения зависит от того, насколько заряжен конденсатор.

Количество зарядов, которое может скопиться на нем, зависит от

величины поверхности обкладок, от толщины перегородки между ними, а также от источника электричества.

Можно наэлектризовать обе поверхности стекла и без оловянных обкладок, — нужно только потереть его одной стороной о кондуктор электрической машины равномерно всей поверхностью. Заряд стекла можно увеличить, если к другой стороне стекла, напротив того места, которым стекло натирается о кондуктор машины, подвести откуда-нибудь отрицательное электричество. Но при разряде такого конденсатора нельзя получить сильный толчок. Это происходит оттого, что стекло — плохой проводник электричества, и, когда к нему прикасаются пальцы с обеих сторон, разряд происходит только на тех небольших площадях, к которым прикасаются пальцы. Понятно, что на таком небольшом пространстве не может быть сильного заряда. Когда же вы прикасались к оловянным обкладкам, приклеенным к стеклу, разряд электричества происходил одновременно по всей поверхности обкладок, прекрасно проводящих электричество.

Если свернуть такой плоский конденсатор в трубку, получится так называемая лейденская банка — конденсатор, который дает возможность сосредоточить большой электрический заряд на маленьком пространстве. Двое ученых почти одновременно изобрели конденсатор-банку. Один из них — Домхер Клейст в Померании, а другой — физик Кюнеус в городе Лейдене. По имени города Лейдена, где Кюнеус построил свой конденсатор, его называли «лейденской» банкой.

Говоря о лейденской банке, мы не можем уже говорить о правой или левой, о верхней или нижней обкладке; мы будем называть их внутренней и наружной.

На рис. 103, *Б* показаны две лейденские банки. Первую сделать трудно, но зато она действует лучше.

Оклейте оловянной бумагой гладкий стакан снаружи и изнутри до одинаковой высоты. Оловянная бумага должна на несколько сантиметров не доходить до края стакана. Оклеить стакан снаружи нетрудно, а для того, чтобы аккуратно и точно оклеить его изнутри, придется основательно повозиться. Но не отчаивайтесь и терпеливо доведите работу до конца.

Обычно с кондуктором электрической машины соединяется внутренняя обкладка лейденской банки. Для этого можно провести узень-

кую полоску оловянной фольгой до края стакана, но лучше сделать иначе. Припаяйте к концу обрезка толстой проволоки отдельные кусочки тонких проволочек так, чтобы образовалось нечто вроде зонтика. Толстую проволоку с зонтиком на конце опустите в банку зонтиком вниз, получится хорошее соприкосновение со стенками и с дном стакана. Для того чтобы проволока не вываливалась из стакана, вырежьте картонный кружок, наденьте его на проволоку и вдвиньте в стакан. На конец проволоки наденьте какой-нибудь металлический шарик.

Простую лейденскую банку можно сделать из небольшой бутылки. Так как бутылку оклеить изнутри невозможно, насыпьте в нее мелко нарезанной оловянной фольги. Фольга ложится как пена, неплотно, но во множестве точек соприкасается со стенками бутылки и с проволокой, пропущенной через пробку. Снаружи бутылка, как и стакан, оклеивается оловянной фольгой.

Чтобы разрядить заряженную лейденскую банку, надо соединить внутреннюю обкладку с наружной. Для этого нужен так называемый разрядник. Это просто проволочная дуга с медными шариками на концах. В середине дуги разрядника прикрепляется стеклянная или сургучная ручка. Разрядить заряженную банку этим инструментом очень легко. Поставьте ее на стол. Этим вы соедините наружную обкладку с электричеством земли. Одним концом разрядника прикоснитесь к наружной обкладке, а другой подведите к шарiku стержня банки (рис. 103, В).

Когда вы сведете шарики достаточно близко, проскочит яркая искра и раздастся треск.

Заряженную лейденскую банку можно переносить, если держать ее только за одну наружную обкладку. Но как только вы возьметесь за шарик, немедленно последует разряд, и толчок от лейденской банки окажется гораздо более чувствительным, чем от машины.

Продельвая опыты с лейденской банкой, никогда не доверяйте ей после разряда. Она вас обманет. Она с первого раза никогда не разряжается до конца и по прошествии некоторого времени снова может дать искру. Правда, эта искра будет слабой, но, если неосторожно прикоснуться рукой к наружной обкладке и шарiku, удар может быть все же довольно чувствительным и напугать неожиданностью.

Электрический ветер. Маленьким кусочком воска приклейте к шарик кондуктора обыкновенную булавку так, чтобы она была расположена горизонтально и касалась кондуктора головкой. Теперь вертите машину правой рукой, а левую поставьте наружной стороной против острия булавки. Вы почувствуете ветер. Булавка дует. Если вы смочите руку, ощущение будет еще сильнее. Попробуйте обрезать покороче фитиль свечи, чтобы огонь был небольшим, и тогда этим электрическим ветром вы сможете даже задуть свечу (рис. 104).

Что же это значит? — спросите вы. — Разве электричество может дуть? — Конечно, нет. Явление это объясняется так. Вы помните, что однородные электричества не притягиваются, а отталкиваются. Когда

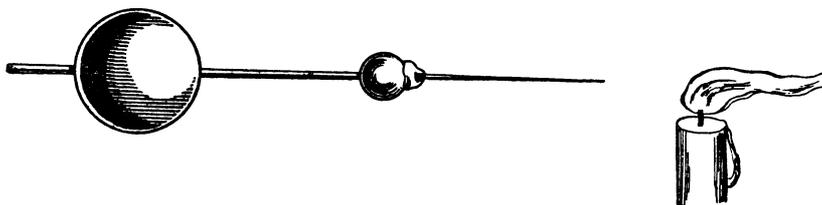


Рис. 104.

электрический заряд находится на сферической поверхности, он распространяется по ней равномерно. Но чем длиннее предмет по сравнению со своей толщиной, тем больше электричества скопляется на концах. Скопляющееся на острие булавки электричество притягивает к острию противоположный заряд электричества воздуха. Как только эти частицы дотрагиваются до булавки, они сейчас же электризуются одноименным электричеством булавки и отталкиваются от нее. Это и есть электрический ветер. Теперь вам понятно, почему при описании изготовления электрических приборов мы все время предупреждали, чтобы вы тщательно сглаживали все углы и острые ребра в частях машин. В каждую выдающуюся часть устремляется электричество и уходит из нее в воздух.

Электрическая вертушка. Вспомните, что мы говорили в главе о механике с той силе, которая заставляет предметы двигаться в сторону, обратную вытеканию воды или пара. Мы говорили о сегнеро-

вом колесе, паровой турбине и о маленьком парходике. Так же действует и электричество, когда оно стекает с остроконечных предметов.

Если вы аккуратно сделаете описываемый нами прибор, вы увидите, что стекающий заряд электричества производит такое же действие, как пар или вода.

Возьмите пробку (рис. 105), выдолбите ее в середине снизу и в это углубление вставьте самый маленький наперсток. В эту же пробку снаружи воткните несколько крючков из медной проволоки. Все кон-

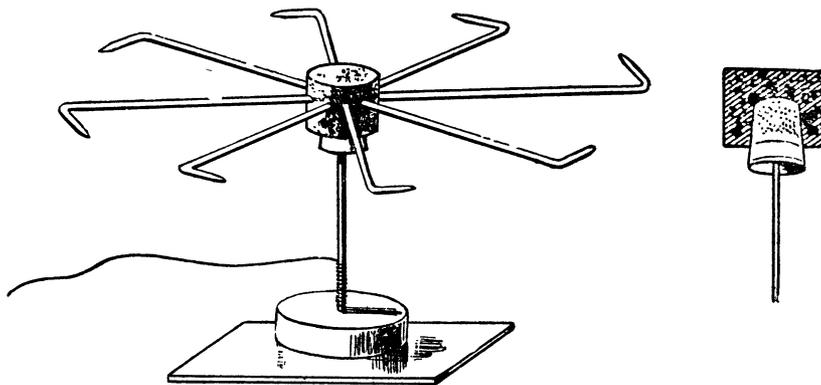


Рис. 105.

цы крючков, проходящие сквозь пробку, должны соприкасаться с наперстком, а все острия должны быть направлены в одну сторону и находиться в одной горизонтальной плоскости. Это колесо наденьте на вязальную спицу, воткнутую другим концом в широкую пробку, а под пробку подклейте изолятор — просто обломок стекла. Спицу соедините проволокой с кондуктором электрической машины.

Чтобы быть уверенным в том, что проволочные крючки прикасаются к наперстку, можно обернуть пробку оловянной фольгой так, чтобы бумага соединила проволоки с наперстком.

Когда пустите в ход машину, электричество попадет через спицу в наперсток, через наперсток — в проволоки и будет стекать с острых концов в воздух. Этот электрический ветер заставит вертушку вращаться.

Электрическая тележка. На длинной доске укрепляются 4 стеклянные трубки длиной приблизительно 10 сантиметров. На этих трубках натягиваются рельсы — две проволоки диаметром 1,5—2 миллиметра, как показано на рис. 106. Для того чтобы проволоки не соскакивали, на концах трубок можно сделать канавки трехгранным напильником, смоченным водой. Так как проволоки не должны касаться доски, на обоих концах их загибаются крючки, и к винтам, ввернутым в доску, они привязываются прочными шелковыми нитками.

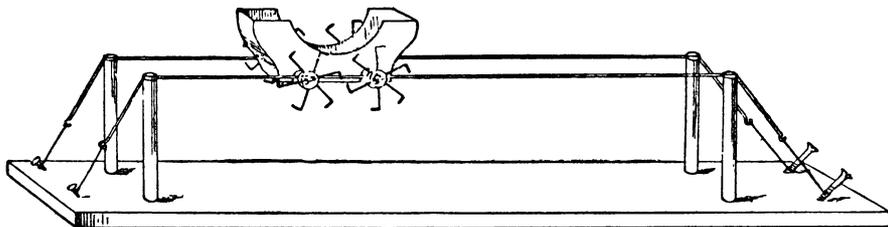


Рис 106.

Это хорошо видно на рисунке. Винты дают возможность натянуть привязанные к ним проволоки так, чтобы они звенели, как струны.

Тележка для этой дороги довольно оригинальная. Она катится на осях колес, а колеса висят за проволочными рельсами. Понятно, почему это так. Электричество будет стекать с остриев «колес», заставит их вращаться, как вращалась вертушка, описанная раньше, и тележка поедет на осях. Очень тщательно нужно сделать колеса. Оси их — вязальные спицы с пробками на концах. В пробки вставляются изогнутые проволоки так, чтобы все они обязательно касались вязальных спиц.

Если соединить с проволоками — рельсами — кондуктор электрической машины, колеса завертятся и тележка сдвинется с места.

Имейте в виду, что этот опыт удастся только при исключительной тщательности изготовления всех частей.

Электрические искры. Если вы пустите электрическое колесо в темноте, вы увидите маленькие искорки на концах крючков, а если колесо будет очень быстро вращаться, появятся даже светящиеся

дуги. В темноте вы увидите на круге электрической машины, у подушек, на кондукторе, на всех углах и острых гранях машины искры и огненные дуги. Это бесполезная трата электричества. Чтобы от нее избавиться, нужно сгладить все части машины и покрыть где нужно металлические части шеллаком.

Нетрудно получить и очень красивое электрическое сияние.

Приделайте к кондуктору маленький шарик на проволоке. Если поднести к нему руку, появятся сначала небольшие отдельные искры, затем

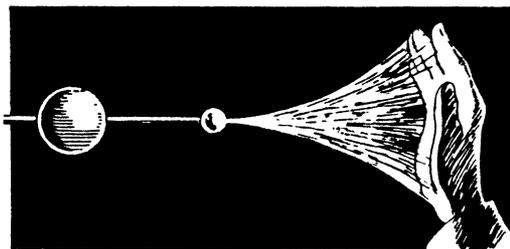


Рис. 107.

дуги и, наконец, целый сноп искр, как показано на рис. 107. При этом слышится жужжание, и получается ощущение, будто на руку ложится паутина.

Сияние. С помощью электрической машины можно устраивать светящиеся надписи и очень красивые сияния. Соберите пучком маленькие проволоочки, соедините их с кондуктором машины, а свободные концы проволок расположите так, чтобы из них получились буквы, как будто написанные пунктиром.

Чтобы проволоки не сдвигались, свяжите их шелковыми нитками. В темноте на концах проволок появятся искорки, которые образуют светящиеся буквы.

Такое сияние можно наблюдать в природе. Оно появляется во время грозы на концах громоотводов, на концах мачт и рей на судах. Его называют огнем Эльма.

Изолирующая скамейка. Может быть, вы захотите электризовать не только разные предметы, но даже человека? Человека наэлектризовать можно, но для этого нужно еще одно приспособление. Дело в том, что, стоя на полу, человек отлично проводит электриче-

ство в землю. Надо его изолировать от земли, и тогда его можно наэлектризовать.

Возьмите 4 бутылки одинаковой высоты, поставьте их на пол, а на горлышки положите доску. Но, чтобы эта скамейка на стеклянных ножках была устойчивой, вставьте в горлышки деревянные палки, укрепленные в доске (рис. 108). Чтобы скамейка со стеклянными ножками была действительно изолированной, бутылки должны быть совершенно сухими.

Если вы станете на такую скамейку и возьметесь за кондуктор электрической машины или просто соединитесь с кондуктором проволокой, вы легко наэлектризуетесь.

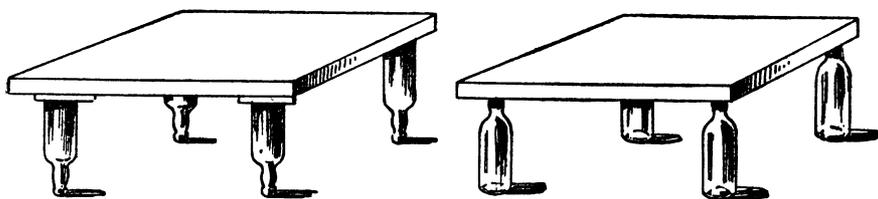


Рис. 108.

Вы, может быть, думаете, что на такой большой предмет, как человеческое тело, понадобится очень много электричества? Нет, на эту операцию электричества нужно меньше, чем на маленькую лейденскую банку. Если поднести к заряженному человеку согнутый в суставе палец, из любой части тела человека будут выскакивать искры, но удары их будут совершенно безопасными и только испугают неожиданностью.

Наэлектризованный человек почти ничего не ощущает, разве только волосы на голове поднимаются и выпрямляются. Ощущение движения волос особенно сильно, если кто-нибудь другой, стоящий на полу, проведет рукой над головой стоящего на скамейке.

Имея такую скамейку, можно проделать много забавных опытов. Например, до стоящего на скамейке никто не сможет дотронуться безнаказанно: непременно из какой-нибудь части тела — подбородка или кончика носа — выскочат искры. Если хорошо спрятать машину и электрический провод и вместо того, чтобы становиться на скамейку, надеть сухие резиновые калоши, вы можете, поздоровавшись с приятелем,

лем за руку, сильно напугать его неожиданным электрическим толчком. Можно безбоязненно проводить эти опыты: искры не причиняют никакой боли; только не надо шутить с глазами.

Батарея из лейденских банок. Много интересных опытов можно проделать, пользуясь лейденской банкой. Но часто одной лейденской банки недостаточно. Поэтому, если нет банки больших размеров, можно соединить несколько банок в батарею (рис. 109).

Для соединения наружных обкладок может служить просто разостланный на столе или приклеенный к специальной доске лист оловянной фольги.

Этот лист делает как бы общими наружные обкладки всех банок. Внутренние обкладки соединены проволоками, соединяющими вместе все стержни банок. Если в шариках есть

дырочки, куда можно плотно воткнуть концы проволок, как показано на рис. 109, — это гораздо лучше. Тогда концы проволок, с которых мог бы стекать заряд, не будут торчать.

Чтобы зарядить батарею лейденских банок, достаточно провести только один провод от электрической машины к стержню любой банки, и электричество само равномерно распределится на все банки. Соединение с землей наружных обкладок не особенно важно, но, если хотите, подложите под одну из банок кусочек проволоки с привязанными к нему ключами, а когда будете заряжать батарею, возьмите ключи в руку. Если вы дотронетесь разрядником до наружной обкладки одной из банок и поднесете другой конец разрядника к шарiku какой-нибудь банки, проскочит сильная искра и одновременно разрядится вся батарея.

Сила батареи зависит от величины и числа банок, но длина искры

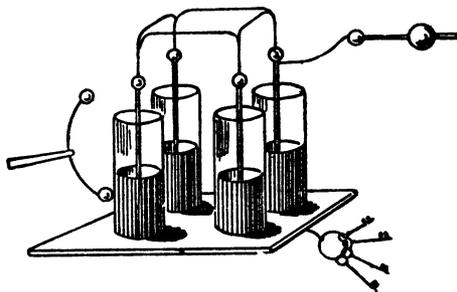


Рис. 109.

от этого не увеличивается. Если вы не сделали себе электрическую машину, можете заряжать лейденскую банку или батарею банок с помощью электрофора.

Фигуры Лихтенберга. Электричество, собранное в лейденской банке, смотря, конечно, по силе заряда, может проникать и сквозь предметы. Оно проникает не только сквозь плохие проводники, но даже и сквозь хорошие изоляторы. Например, искра от лейденской банки пробивает тонкую картонку. Если вы рассмотрите отверстие, пробитое искрой, вы увидите, что края его развернуты в обе стороны. Это показывает, что электричество действует не просто в одном направлении, как пуля, а равномерно в обе стороны.

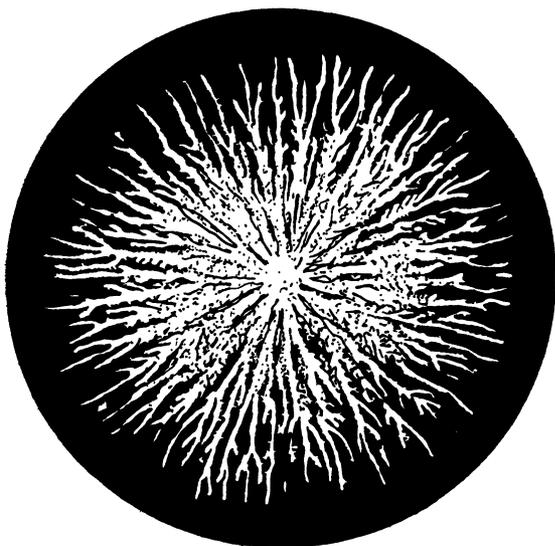


Рис. 110.

На некоторых изоляторах, которые заряд банки не может пробить, например на пластинках гуттаперчи и на электрофоре, электричество расходуется, как бы стремясь соединиться на противоположной стороне.

Физику Лихтенбергу удалось даже получить изображение распространения электричества на поверхности электрофора. Положительное электричество дало звезду очень тонкой работы (рис. 110), а отрицательное — разошлось пятнами.

Разряд через пень людей. Удары разряда, даже очень слабые, всегда немного пугают. Никогда не давайте лейденскую банку в руки нервному человеку. Испугавшись, он наверное не очень бережно обой-

дется с ней. Да и вообще, когда будете шутить с лейденской банкой, не очень увлекайтесь.

Чтобы ослабить силу разряда, можно устроить цепь из людей. Тогда удар распределится между всеми участниками и всем попадет понемногу. Пусть несколько человек возьмутся за руки. Первый от края должен взять банку за наружную обкладку, а последний пусть дотронется пальцем до шарика.

Удар, хотя и не сильный, почувствуют все, находящиеся в цепи.

Если вы сами не хотите получить щелчок от своей банки, можете немного схитрить. Возьмите проволоку такой длины, чтобы ее хватило от конца пальцев одной руки до конца пальцев другой, когда вы протянете руки в стороны. Снимите куртку, проденьте проволоку в рукава и опять оденьтесь. Когда будете брать банку, прихватите в руку один конец проволоки, а беря руку соседа, прихватите другой конец проволоки. Таким образом получится металлическое соединение наружной обкладки банки непосредственно со вторым человеком цепи. По всей цепи будет идти электричество, а вы ничего не почувствуете, даже при самом сильном разряде.

Этот опыт можно провести по-другому.

Поставьте товарищей вокруг стола так, чтобы они не касались друг друга локтями. На стол поставьте стаканы с водой, одним меньше, чем людей в цепи. Пусть каждый опустит один палец правой руки в правый стакан и один палец левой руки в левый стакан. Таким образом, пальцы соседей окажутся в одном стакане. Только пусть они не касаются друг друга.

Если теперь крайние возьмутся за обкладки лейденской банки, вся цепь так же получит электрический удар, как и в первом случае.

Это показывает, что электричество проводится не только металлами, но и некоторыми жидкостями.

Оригинальный денежный шкаф. Покройте простой глиняный таз снаружи и изнутри бронзировавшейся жидкостью. Покроить надо погуще, несколько раз, так, чтобы до краев таза слой бронзы не доходил и изнутри и снаружи на 3—4 сантиметра. Поставьте таз на стол, покрытый листом оловянной фольги. При этом хорошо смочить не-

много стол, будто ненарочно. В таз налейте воду вровень с наружной бронзировкой, а на дно бросьте несколько монет. Придвиньте к тазу электрическую машину, проведите проволоку от кондуктора в воду и наэлектризуйте ее хорошенько. При этом, конечно, края таза должны быть совершенно сухими. Спрячьте машину, осторожно отодвиньте таз от края стола и предложите кому-нибудь достать деньги со дна. Как только желающий потянется в таз, облокотясь, конечно, другой рукой на мокрый стол, и опустит руку в воду, он сейчас же получит удар: произойдет разряд. От неожиданности потерпевший, конечно, сейчас же выхватит руку из воды, не успев захватить ни одной монеты. Больше он не захочет пробовать, хотя, понятно, теперь можно свободно достать деньги со дна, потому что вода разрядилась.

Гроза в миниатюре. Ученый Вениамин Франклин в 1752 году в Филадельфии запустил змей в грозовую тучу и извлек из нее молнию. Он получил электрическую искру на земле. Через сто лет удалось воспроизвести такое же явление с помощью электрической машины.

В настоящее время электрические машины доведены до такого совершенства, что искры их — электрические разряды — по силе света и разрушительной силе действия действительно можно сравнивать с атмосферными разрядами. Конечно, разряды, получаемые с помощью нашей самодельной электрической машины, не так сильны, но и мы можем воспроизвести маленькую молнию, ударяющую в домик с громоотводом (рис. 111).

Громоотвод защищает дом от молнии потому, что электрическому заряду легче всего пройти по проводу прямо в землю. Так же нужно построить громоотвод и на нашем маленьком домике. Размеры домика могут быть какие угодно. Его можно сделать из любого материала, только, конечно, не из металла. Заостренная проволока, вставленная в стеклянную трубку, заменит нам громоотвод. Один конец проволоки надо укрепить на самом высоком месте постройки, пропустить проволоку сквозь крышу прямо внутрь дома и закончить ее шариком.

Мы можем просто подставить под шарик маленькую жестяную чашечку — крышку какой-нибудь коробки и пр. — и в нее опустить конец громоотвода, прижав его плотно ко дну.

Чтобы весь опыт был больше похож на удар молнии из тучи, сделайте также и тучу. Только наша туча будет не из пара, а просто из жести от старых консервных банок. Для большого сходства ее можно раскрасить. Тучи припаяйте, как показано на рис. 111, к наперстку. По другую сторону наперстка припаяйте кусочек проволоки с каким-нибудь грузом — противовесом. Сделайте еще изолятор для тучи. Запните сухую бутылку пробкой; в пробку воткните вязальную спицу и

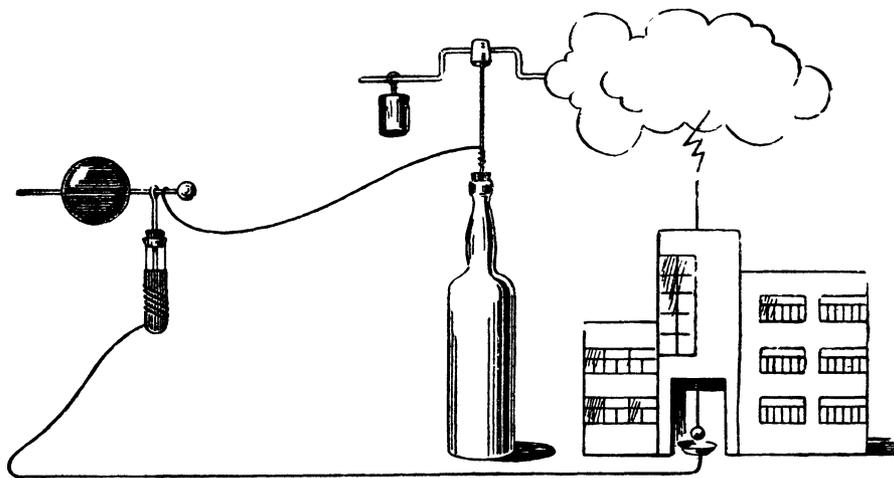


Рис. 111.

наденьте на нее наперсток с тучей и противовесом. Эту тучу с изолятором-бутылкой установите так, чтобы туча повисла на небольшом расстоянии как раз над громоотводом. Чтобы провести электричество в тучу, соедините проволокой спицу с кондуктором электрической машины. Туча зарядится положительным электричеством. Громоотвод нужно зарядить отрицательным электричеством. Для этого жестяную чашечку соедините с подушками электрической машины.

Когда машина начнет работать, толкните легонько тучу: она приблизится к громоотводу, и проскочит искра — молния. Конечно, молния получается не особенно яркая, но ее можно усилить, подвесив на кондуктор машины лейденскую банку и соединив ее, как показано на рисунке. Чем больше будет лейденская банка, тем ярче будет молния.

Если вы хотите, чтобы от удара молнии начался пожар, надо испортить громоотвод — нарушить его соединение с землей. Для этого поднимите кверху шарик из чашечки на несколько миллиметров. В чашечку налейте слегка подогретого спирта. Молния ударит в громоотвод, искра проскочит через маленький промежуток между шариком и чашечкой, спирт вспыхнет, — вот вам настоящий пожар!

Когда искра проскакивает внутри домика между шариком громоотвода и чашечкой, на верхнем конце громоотвода можно видеть огонь Эльма.

Конечно, этот опыт нужно проводить в темноте и поднять тучу так высоко, чтобы разряд уже не мог произойти. Если туча будет находиться над громоотводом, изредка на конце его будет появляться ровное пламя, так как расстояние для разряда слишком велико и происходит только слабый, постепенный разряд.

Искрающаяся трубка. Возьмите стеклянную трубку такой длины, чтобы, подвешенная к кондуктору, она не касалась стола (рис. 112).

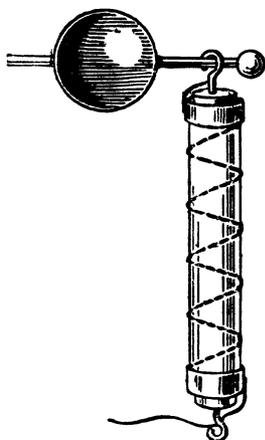
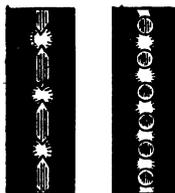


Рис. 112.



Оклейте концы трубки фольгой, положив под нее кусочки проволоки. Заткните трубку пробками с обоих концов, а в пробки воткните проволочные крючки и соедините их проволоками с оловянными кольцами трубки. Нарежьте фольгу полосками шириной в полсантиметра. Из этих полосок нарежьте ромбики длиной, примерно, в полсантиметра или вырежьте кружочки, примерно, такого же диаметра. Обмакните лучинку в клей, поднимайте ею оловянные ромбики или

кружочки и наклеивайте их спирально на трубку, как показано на рисунке. Промежутки между ромбиками должны быть не более полу-

миллиметра. Первый и последний ромбики должны быть наклеены на оловянные кольца концов трубки.

Когда вы пустите машину в ход, между ромбиками появятся искорки. Они будут вспыхивать и гаснуть очень красивой змейкой. Понятно, что нижний крючок должен быть соединен в это время со щетками машины.

Светящиеся буквы. Вы можете таким же способом составить на стекле или какой-нибудь другой изолирующей плоскости слова, орнамент, разные красивые фигуры. На рис. 113 показана для примера буква *И* с проводами. Нужно только следить за линиями пересечения, чтобы не происходило разряда с ближайшим ромбиком, и облегчить ход электричества маленькими проволочными дугами, как показано в верхней части буквы.

И не такие простые фигуры можно сделать светящимися.

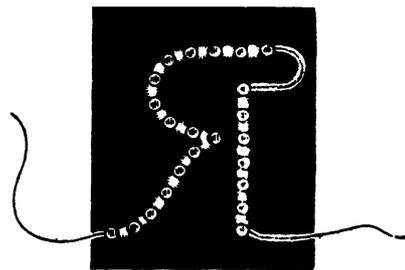


Рис. 113.

Светящиеся бокалы. На рис. 114 показано несколько высоких стопок. Они установлены по кругу. Чем больше стопок, тем красивее будет опыт. На нашем рисунке их шесть, но для опыта можно ограничиться и тремя. Конечно, не обязательно брать стопки, их можно заменить простыми стаканами, пробирками или широкими стеклянными трубками.

Можно чередовать трубки со стаканами. Важно только, чтобы все предметы в круге были приблизительно одной высоты.

Вокруг всех бокалов наклеивается спираль из оловянных ромбиков, так же, как на трубку в предыдущем опыте. Ромбики наклеиваются с верхнего конца или от верхнего края до нижнего. Последний ромбик каждой стопки должен быть загнут за край для того, чтобы линия ромбиков соединилась с оловянным кругом, на котором расставляются стопки. На это соединение нужно обратить особое внимание, потому что, если края стопок неровные, соединение может не получиться.

От оловянного круга должен быть проведен провод к подушкам электрической машины.

От кондуктора машины электричество подводится к верхушкам стопок очень просто. В центре круга в хорошо приклеенную пробку или деревяжку вставляется вязальная спица. Высота спицы должна быть в два раза больше высоты стопок. На конец спицы надевается толстая

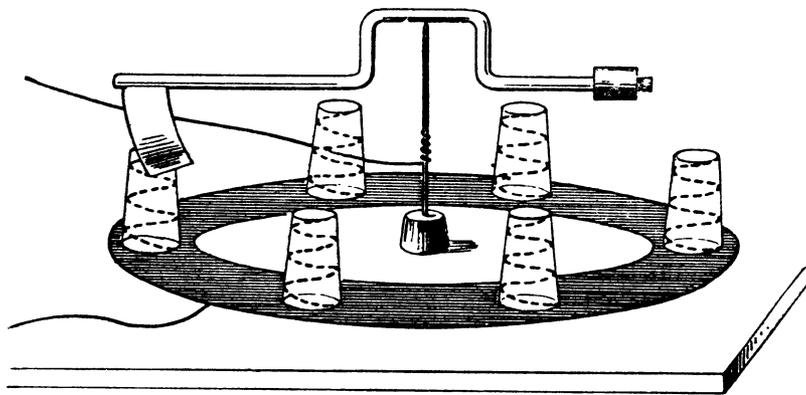


Рис. 114.

проволока, изогнутая, как показано на рисунке. Для того чтобы проволока не соскакивала со спицы, на ней нужно сделать ямку. К одному концу проволоки приклеивается маленький флаг из оловянной фольги.

Флаг должен быть такой длины, чтобы при вращении проволоки он задевал за концы змеек, наклеенных на бокалы.

На противоположном конце проволоки прикрепляется груз — пробка или картонный кружок, чтобы вращающаяся проволока была уравновешена. Спицу соедините с кондуктором и можете пускать машину. Толкните проволоку на спице, и флажок по очереди будет заставлять светиться все стопки.

Если вы заставите проволоку быстро вращаться, стопки будут блеснуть почти все одновременно.

Это очень красивая игрушка; конечно, опыты с ней нужно производить в темной комнате.

Своящийся ландшафт. Конечно, очень скучно вырезать и наклеивать фигурки из фольги. Большой своящийся рисунок можно сделать и более простым способом.

Нарежьте фольгу длинными узенькими полосками шириной по 1—2 миллиметра, наклейте их параллельно на стекло с промежутками в 1 сантиметр, а потом коротенькими кусочками таких же полосок соедините между собой левые концы первой и второй полосок, правые концы второй и третьей, затем опять левые концы третьей и четвертой — и так до конца, чтобы на стекле получилась непрерывная зигзагообразная линия. На этом стекле острым мелом нарисуйте контуры каких-нибудь предметов — дома, памятника, цветка — и прорежьте все полоски острым перочинным ножом по линиям мелового рисунка (рис. 115).

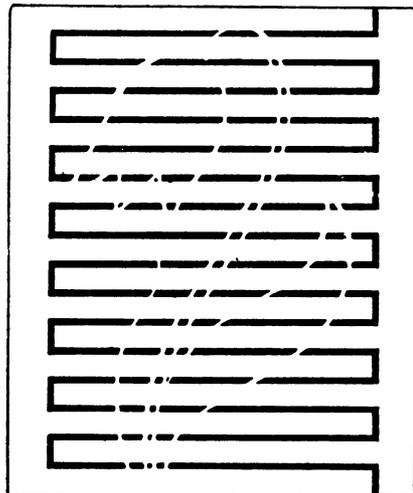


Рис. 115.

Теперь вы наверное сами догадаетесь, что получится дальше. Если вы соедините начало и конец зигзагообразной линии с электрической машиной так же, как и в опытах со своящимися линиями, тогда во время работы электрической машины ваш рисунок будет великолепно светиться.

Электрическая пушка. Достаньте обрезок медной трубки диаметром, примерно, в 1,5 сантиметра и длиной сантиметров в 20. Из этой трубки мы сделаем пушку.

Просверлите трубку насквозь посередине так, чтобы в отверстие можно было вставить с обеих сторон две маленькие стеклянные трубочки (рис. 116), и приклейте их сургучом. Только предварительно в эти трубочки вставьте маленькие кусочки медной проволоки с напаянными металлическими шариками. Здесь нужны небольшие шарики, можно просто взять дробины. Трубочки вставьте так, чтобы между шарика-

ми внутри пушки остался промежуток в 2 миллиметра. Между ними будет проскакивать искра.

В один конец трубки вклейте попрочнее деревянную пробку. Маленький лафет пушки можно соорудить из обрезков фанеры. Стекло-вые трубочки поддерживают пушку на лафете. Следите только за тем, чтобы металлический ствол пушки не прикасался к лафету.

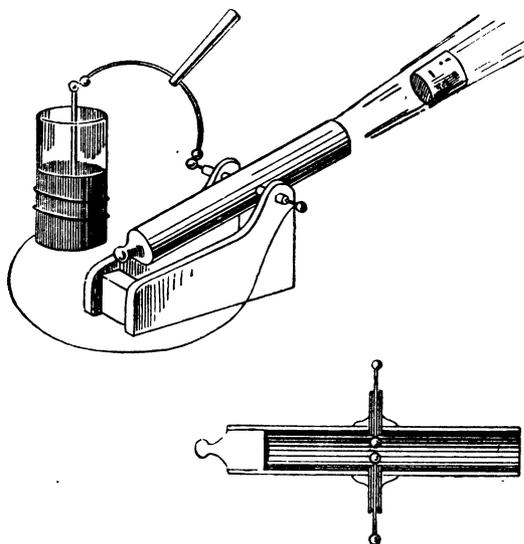


Рис. 116.

Пушка заряжается гремучим газом. Этот газ — соединение водорода и кислорода. О том, как добыть его, вы прочтете в конце книги. Для нашей пушки нет надобности добывать чистый гремучий газ. Опыты с ним очень опасны. Нам достаточно только наклонить пушку жерлом над трубкой, выводящей водород из банки, в которой он добывается, а потом заткнуть пушку пробкой. Водород войдет в пушку, смешается там с кислородом воздуха, и хотя количества кислорода для составления гремучего газа будет недостаточно, но для нашего опыта больше не нужно.

Теперь можно стрелять. Зарядите лейденскую банку и соедините ее наружную обкладку с проволокой в одной из трубок пушки. Разрядником соедините внутреннюю обкладку банки с проволокой другой трубочки. Только при этом покрепче держите пушку. Раздастся сильный выстрел, и пробка улетит довольно далеко. Когда вы соединяете разрядником шарик банки и пушки, внутри нее проскакивает искра, которая воспламеняет гремучий газ.

Можно зарядить пушку простым светильным газом; результат получится почти такой же. Поддержите немного пушку над газовым рожком и, не перевортывая жерлом кверху, заткните пробкой. Когда немного напрактикуетесь и привыкните заряжать ее так, как нужно, вы уви-

дите, что, если газа набрали мало, выстрел получается слабый; много газа — пушку очень сильно бросает. Лучше всего работает смесь из 1 части светильного газа и 5—7 частей воздуха.

Смесь газа с воздухом часто используется в технике. Есть газовые моторы, в которых пробка-поршень двигается в цилиндре взад и вперед и с помощью шатуна и кривошипа вращает маховое колесо. Конечно, в моторе все действия происходят автоматически, шток с пробкой-поршнем всасывает воздух и газ в такой пропорции, чтобы получился сильный заряд для «выстрела». Затем обратным движением поршня этот газ сдавливается и зажигается крошечной искрой. Поршень толкается расширившимися газами и приводит в движение маховое колесо. Затем маховое колесо, вращаясь по инерции, снова возвращает поршень в первоначальное положение, опять всасывается воздух, и двигатель непрерывно работает.

О МАГНЕТИЗМЕ

Искусственные магниты. Лет полтора назад трудно было достать хороший стальной магнит. В руководствах физики того времени приводилось много разных таинственных рецептов для изготовления магнитов.

Теперь мы можем получить отличный магнит очень легко с помощью электрического тока. Но не всякая сталь хороша для изготовления магнита. Очень мягкая теряет магнитные свойства через несколько дней, чересчур твердая легко ломается при неосторожном обращении.

Если вам удастся достать прутик хорошей стали толщиной, примерно, с мизинец, вы сможете сделать из нее очень хороший магнит. Но его нужно предварительно закалить. Нагрейте прут на углях до темнокрасного цвета и бросьте в холодную воду. Прут станет тогда очень твердым, но хрупким. Теперь нужно еще, как говорят техники, «отпустить» сталь. Очистите закаленный прут шкуркой, а затем возьмите щипцами и подержите над хорошо раздутыми углями. По мере нагревания цвет стали будет изменяться. За этим надо внимательно следить. Сначала она делается соломенного цвета, потом темножелтого, бурого и, наконец, синее. Когда она начнет становиться бурой, бросьте

ее снова в холодную воду. Теперь сталь потеряла хрупкость, но сохранила твердость.

Если у вас есть хороший фабричный магнит, вы можете передать его магнитные свойства любому числу стальных прутьев.

Но сначала заметьте, что оба конца магнита имеют различные свойства. Один конец, или полюс, магнита условно называется северным, другой — южным.

Чтобы с помощью фабричного магнита намагнитить какой-нибудь прут, например вязальную спицу, положите ее на стол, ведите от середины северным полюсом к одному концу спицы, а потом южным — тоже от середины к другому концу. Неважно, если вы не знаете, какой из полюсов фабричного магнита северный и какой — южный: все равно одним концом ведите от середины в одну сторону, а другим — в другую. Через некоторое время спица намагнитится до предела, и дальнейшее натирание ее магнитом будет бесполезно.

Во время намагничивания хорошо время от времени ударять по спице маленькой деревянной палочкой. Если кто-нибудь будет следить за вашей работой, он подумает, что вы проделываете какие-то таинственные, непонятные действия: трете каким-то бруском, стучите деревянной палочкой, а по виду ничего не изменяется. На самом деле таким простым способом вы изготовили себе хороший магнит и можете проделать несколько интересных опытов. Попробуйте выяснить, какие вещества магнит притягивает. Вы скоро обнаружите, что магнит притягивает только железо и сталь, а другие вещества — дерево, стекло, бумагу — не притягивает.

На стеклянной подставке, вроде тех, которыми мы пользовались для первых опытов с электричеством, подвесьте привязанную за середину намагниченную спицу. На рис. 117 показано, как стальной прутик, продетый сквозь пробку, подвешивается с помощью проволочного крючка к подставке. Когда вы опустите магнит, он повернется несколько раз, потом опишет взад и вперед несколько дуг, как будто хочет остановиться в каком-то определенном положении, и, наконец, остановится. Теперь, как бы мы ни выводили магнит из этого положения, он постоянно возвращается к нему. Вы легко обнаружите, что концы прямого магнита всегда направлены на север и на юг.

Повесьте два магнита на большом расстоянии друг от друга. Оба

они покажут на север и на юг. Заметьте концы магнитов, обращенные к северу. Можно просто навесить на эти концы узенькие полоски бумаги. Теперь попробуйте осторожно сближать магниты, сдвигая подставки. Вы увидите, как магниты изменят положение и повернутся друг к другу один северным, а другой южным полюсом (рис. 117, справа). И сколько бы раз вы ни повторяли этот опыт, всегда северный полюс одного магнита притянется к южному полюсу другого.

Вы можете даже попробовать закрутить один из магнитов. Когда нитка, на которой он подвешен, раскрутится, магнит все равно остановится против полюса другого наименования соседнего магнита. Если насильно повернуть один из магнитов так, чтобы он расположился северным к северному и южным к южному полюсам другого магнита, то стоит лишь их отпустить, как они сейчас же начнут поворачиваться до тех пор, покамест северный полюс одного из них не станет против южного полюса другого. Попробуйте снять один из магнитов с подставки и поднести его северным концом к северному концу висящего магнита. Вы увидите, что он оттолкнет висящий магнит. То же самое произойдет, если вы сблизите южные полюсы обоих магнитов. Но как только вы сблизите северный полюс с южным, висящие магниты быстро притянутся.

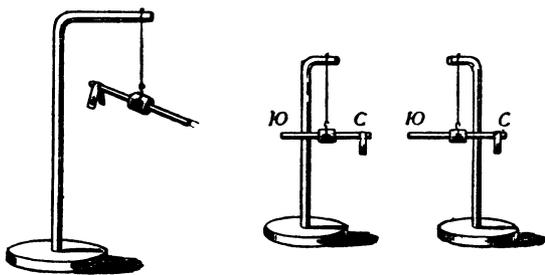


Рис. 117.

Из этих опытов можем вывести заключение, что одноименные полюсы всегда отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Подержите под висящим на нитке магнитом горизонтально другой магнит. Вы увидите, что висящий магнит повернется и остановится в том же направлении, в каком вы держите другой. Только северный конец его окажется над южным, а южный — над северным. Если вы повернете нижний магнит в направлении с севера на юг, но так, чтобы к северу был направлен южный полюс магнита, верхний висящий магнит станет в том же направлении. Только, конечно, на север будет направлен северный конец свободно висящего магнита. Если вы теперь

удалите нижний магнит, вы увидите, что висящий не изменит положения. Выходит, что земля наша действует на висящий магнит так, как тот, который мы к нему подводили. Это значит, что земля сама является магнитом.

Устройство компаса. Конечно, вы понимаете, что свободно подвешенный магнит может служить для определения стран света даже тогда, когда все небо закрыто тучами и найти положение стран света по солнцу или звездам нельзя.

Свободно подвешенная намагниченная стрелка и есть простейший компас.

Компас очень помог развитию мореплавания. Моряки стали спокойно уходить далеко от берегов и без страха пересекали открытое море, так как всякие отклонения от курса сейчас же обнаруживала компасная стрелка.

Однако, идя все время в направлении, указанном магнитной стрелкой, мы никогда не дошли бы до географического северного полюса. Дело в том, что географический северный полюс и магнитный полюс земли не совпадают. Если мы говорим, что магнитная стрелка показывает на север, то это не совсем точно. Направление на географический северный полюс можно определить точно только в том случае, если известно так называемое «склонение» стрелки, т. е. угол между направлением на географический полюс и направлением на магнитный.

Склонение магнитной стрелки компаса должно быть хорошо известно при кораблевождении.

Магнит, висящий на нитке, прикрепленной к его середине, — это очень хорошая стрелка компаса. Никакое другое приспособление не дает такого легкого вращения.

Если вы хотите сделать себе компас, вырежьте картонный кружок, обозначьте на нем страны света и проденьте нитку сквозь отверстие в центре. Приклейте этот картонный кружок к магниту, и он будет вращаться вместе с ним, как в настоящем морском компасе. Если вы приклеите кружок к магниту так, что обозначения севера и юга на кружке совпадут с концами вашей стрелки, компас будет показывать ма-

гнитные, а не астрономические страны света. Если же вы передвинете магнитную стрелку под кружком на величину склонения, кружок будет показывать астрономические страны света.

Склонение магнитной стрелки в разных местах земного шара различное. Оно может равняться нулю, может быть западным или восточным. Значит, мы можем верно установить наш компас только для той местности, где мы живем.

Станьте перед кружком так, чтобы север был перед вами; тогда справа будет восток, слева запад. Если склонение места, в котором вы устанавливаете компас, восточное, магнитная стрелка должна быть приклеена по правую сторону обозначения севера на кружке; если склонение места западное, стрелка должна быть приклеена по левую сторону. У нас на рис. 118 показано положение стрелки при довольно сильном западном склонении местности.

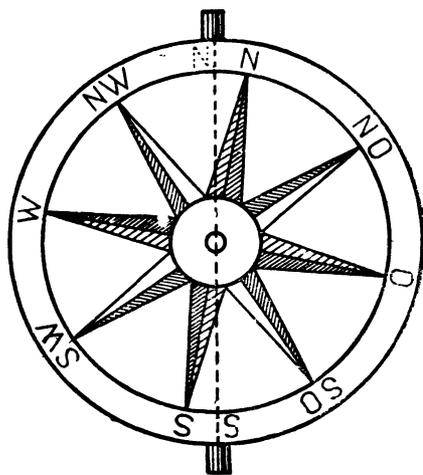


Рис. 118.

Умные рыбки. Вырежьте из дерева несколько маленьких рыбок. Обработайте их напильником, ножом и стеклом, затем просверлите отверстия сквозь каждую из рыбок по длине и воткните в эти отверстия кусочки сильно намагниченных спиц. Длина спиц должна быть немного меньше длины рыбок. Концы дырок залепите воском или сургучом и раскрасьте рыбок разными масляными красками. Если вы поместите спицы в нижних половинах рыбок, они будут плавать совершенно правильно, спинкой кверху. Когда будете вставлять спицы в рыбок, проследите за тем, чтобы, скажем, северные полюсы спиц у всех приходились к голове.

Еще одну длинную и сильно намагниченную спицу поместите в такую оболочку, чтобы никто не подумал, что в ней спрятан магнит. Можно взять какую-нибудь тоненькую трубочку, заложить в нее спицу

и заделать оба конца трубки. На концах сделайте незаметные пометки, чтобы вы всегда знали, где северный и где южный полюс.

Прилепите к южному полюсу палочки кусочек хлеба и предложите кому-нибудь из присутствующих покормить рыбок. Едва он поднесет трубку к тазу, рыбки повернутся к ней головами и поплывут. Это всегда получается очень забавно.

Вы можете сказать, что рыбки слишком умны, чтобы их можно было обмануть. Не дайте им хлеба — быстро поверните трубочку пустым концом. Рыбки сейчас же отвернутся. В этот момент быстро уберите палочку, иначе ваша тайна тут же раскроется. Вы догадываетесь, почему? Ведь к рыбкам был повернут уже не южный, а северный полюс, а на хвостах у них южный. Значит, они отвернутся, чтобы повернуться к палочке хвостами. Если бы они просто повернулись — это было бы не страшно, но ведь они станут сейчас же подплывать к палочке, пятясь задом. Что же скажут тогда присутствующие о таком поведении «умных» рыбок?

Геометрические фигуры из плавающих магнитов. Проткните 5—6 одинаковых пробок толстыми иглками, заранее хорошо намагниченными. Иголочки выберите большие, все одинаковые. Ушки их всех должны быть намагничены одноименными полюсами. Иголочки воткните в пробки так, чтобы сверху торчал только небольшой конец с ушком, и опустите их в блюдо с водой остриями вниз. Они так и будут плавать. Но тут вы увидите интересное зрелище: так как ушки всех иголок намагничены одноименно и острия тоже, иголочки отталкиваются друг от друга. Но они не дойдут до краев блюда, потому что действуют силы притяжения разноименных полюсов по диагоналям — от ушка одной иглы к острию другой. На каком-то расстоянии наступает равновесие сил притяжения и отталкивания: иголочки останавливаются.

Интересно, что иголочки располагаются симметричной фигурой, форма которой зависит от их числа. Три иголочки образуют треугольник, четыре — квадрат, пять — пятиугольник. У нас на рис. 119 показаны различные фигуры, образованные плавающими магнитами.

Но это еще не все.

Попробуйте точно в центр фигуры опустить один из полюсов посто-

янного магнита. Все иголки равномерно отплывут или приплывут, сохраняя прежнее симметричное расположение. Понятно, что удаление и приближение иголок зависят от того, совпал ли полюс постоянного магнита с наименованием полюсов ушек иголок, или он другого наименования.

Если после того, как иголки отплыли, удалить магнит, они станут опять сближаться, будто соединены с магнитом какими-то нитями.

Много интересных опытов можно проделать с плавающими магнитами. Попробуйте, например, удалить из блюда одну из иголок, все остальные быстро перестроятся в новую симметричную фигуру. Попробуйте добавить иголку — снова все изменится.

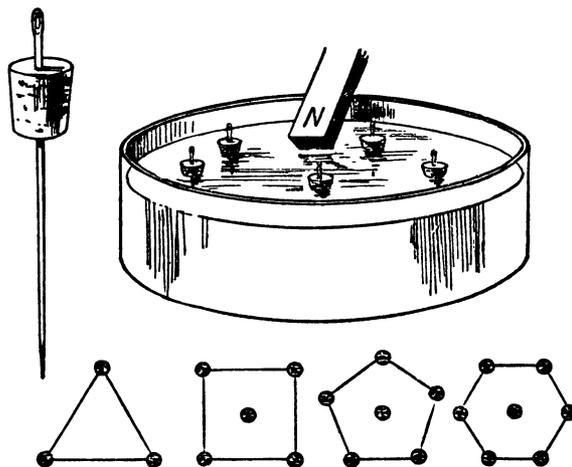


Рис. 119.

Замечательные рисунки, сделанные магнитом. Удивительная все-таки вещь магнит! Лежит он на столе, а в некотором расстоянии от него магнитная стрелка обращается к нему, притягивается им. Кажется, будто невидимые эластичные резинки протянуты от одного из этих предметов к другому. Между ними ничего не видно, но, очевидно, в этом промежутке как-то должна проявляться магнитная сила.

Можно ли ее обнаружить?

Лет сто назад, еще на заре исследований электромагнитных явлений, знаменитый английский ученый Фарадей предложил для обнаружения магнитных сил пользоваться железными опилками. Если у вас есть хорошо намагниченный стальной прут, укрепите его на столе вертикально и приклейте к нему воском или сургучом квадратик картона или тонкого стекла. Попробуйте теперь сыпать сквозь крупное сито железные опилки. Насыпьте их немного, затем постучите по квадратику

пальцем. Опилки начнут двигаться и лягут лучами, расходящимися от конца магнита во все стороны (рис. 120, А).

Только не насыпайте на квадратик много опилок — толстый слой ложится не так красиво.

Лучи, по которым располагаются опилки, Фарадей назвал магнитными силовыми линиями.

Если таким же образом вы исследуете свойства полюсов подковообразных магнитов, вы увидите, что силовые линии тянутся от полюса к полюсу. На рис. 120, В показано, какие дуги образуются из опилок между концами подковообразных магнитов, как эти дуги делаются все более выпуклыми, по мере того как они отходят к наружным сторонам магнита.

Попробуйте исследовать магниты в разных положениях. Опыты с магнитами очень увлекательны, и вы наверно немало повозитесь с ними.

Если вы хотите, можете даже сохранить надолго свои магнитные рисунки.

Растопите кусочек стеарина, налейте его на картон и разотрите краем почтовой открытки быстро и ровно по всему картону. Если стеарин быстро остынет и не будет хорошо размазываться, положите картонку на что-нибудь теплое; тогда размазать стеарин будет легко. Затем дайте стеарину остыть.

Приготовьте несколько таких картонок и дайте им полежать в книге, под прессом. На картонках, покрытых тонким слоем стеарина, получите магнитные рисунки опилками так, как и в первом опыте. Только постарайтесь сделать их как можно лучше. Когда рисунки будут готовы, осторожно снимите картон с магнита и подержите его над свечой. Стеарин растает и при охлаждении прочно приклеит опилки к картону.

Все эти опыты показали нам распространение магнитных силовых

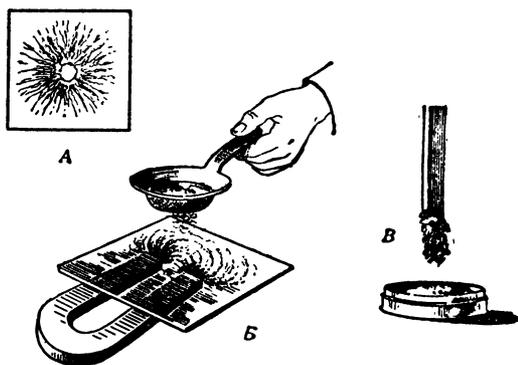


Рис. 120.

линий на плоскости. Но понятно, что магнит действует во всех направлениях пространства.

Если вы опустите конец магнита в коробку с опилками, целая горсть их повиснет на нем (рис. 120, В). Красивым ожерельем соединяются полюсы подковообразных магнитов при таком же опыте. И эти фигурки также можно сохранить.

Укрепите какой-нибудь сильный подковообразный магнит полюсами вниз. Под полюсами подклейте маленькую картонку, покрытую стеарином. Когда вы под нее осторожно подставите коробку с опилками, сейчас же опилки подскочат к картонке и образуют два пучка, между которыми останутся ворота, или пучки замкнутся, образуя беседку. Отнимите магнит — и эта постройка отпадет.

Если вы хотите сохранить ее, насоблите мелко стеарин и смешайте его хорошенько с опилками. Если вы теперь поднесете коробку под магнит, вам покажется, что магнитная фигура не так красива, как раньше. Стеарин пристаёт к опилкам, утяжеляет их, и магниту трудно образовать такие тонкие рисунки, как в первом опыте с более легкими опилками. Но вы можете помочь магниту. Возьмите на деревянную лопаточку или на бумажку еще немного опилок и поднесите их к тому месту, в котором вы хотите дополнить фигуру. Теперь наступила самая замысловатая операция.

Всю постройку вместе с магнитом нужно с величайшей осторожностью, не тряхнув, перенести в теплую печь. Тогда стеарин растопится, проберется между всеми опилками и склеит их. Через некоторое время осторожно выньте все из печи, дайте остыть и осторожно отнимите магнит от картона.

Теперь можно перевернуть картонку: у вас окажется такая фигура, как показано у нас на рис. 121. Это самое наглядное изображение направлений силовых линий магнита в пространстве, сделанное им самим.

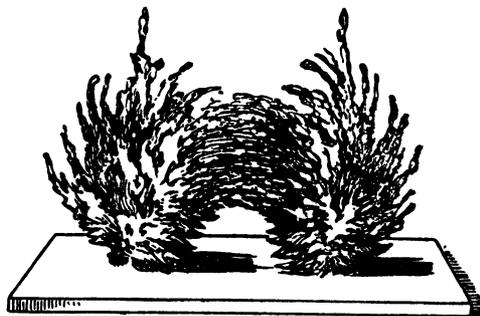


Рис. 121.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ТОК

Снова об электричестве. После нескольких опытов с магнитами вернемся опять к электрическим явлениям.

До сих пор мы получали электричество, натирая стекло или сургуч. Проявление электричества сопровождалось искрами.

Эти искры можно сравнить со струями воды из шприца. Чем сильнее давление поршня, т. е. чем больше напряжение воды в шприце, тем дальше бьет струя. И про электричество говорят, что чем больше напряжение его, тем длиннее становятся искры. Но чем больше напряжение, тем труднее его сосредоточить и проводить по проводам.

Вы, вероятно, видели фонтан и замечали, что от сильного давления вода пробивается везде, где труба хоть немного повреждена, и тонкими струйками растекается во все стороны. Нечто подобное происходит и при сильном напряжении электричества в электрических машинах: все острые углы машины со всех сторон испускают электричество.

С помощью трения мы добывали до сих пор мало электричества. Алессандро Вольта, профессор физики в Павии, живший более ста лет назад, нашел способ получения электричества в большом количестве другим способом. До него итальянский физиолог Луиджи Гальвани из Болоньи сделал важное наблюдение, но только неправильно истолковал его.

Он заметил, что тело мертвой лягушки вздрагивало вблизи электрической машины, как только из машины извлекались искры. Такое же явление он заметил, когда повесил препарированные ножки лягушки на медную проволоку на балконной решетке и когда от ветра ножки лягушки прикасались к железу решетки.

Гальвани верно приписал вздрагивание ножек действию электричества, но думал, что явление это вызвано электричеством, имеющимся в теле лягушки.

Вольта повторил опыт Гальвани, но провел его с большей научной точностью. Он заметил, что лягушка не вздрагивала, если висела на железном крючке у железной решетки. Всегда оказывались нужными два различных металла, чтобы заставить вздрагивать препарат. Вольта заключил, что проявление электричества объясняется соприкосновением двух различных металлов.

Основываясь на этих опытах, он построил в 1800 году столб из пластинок цинка, меди и войлока, смоченного раствором серной кислоты. Цинк, медь и войлок он накладывал друг на друга в таком порядке, что внизу находилась медная пластинка, на ней войлок, затем цинк, опять медь, войлок, цинк, медь, войлок и т. д. Этот столб оказывался заряженным на нижнем конце положительным, а на верхнем — отрицательным электричеством.

Все электрические явления, которые Вольта наблюдал с помощью построенного им электрофора и электрической машины, повторились и здесь. Только длина искр, которые давал столб, была несравненно меньше длины искр электрической машины.

В честь Гальвани Вольта назвал этот способ получения электричества гальваническим.

При таком получении электричества кислота, соприкасаясь с металлами, «разъедает» их. Значит, здесь мы также видим, что для получения электричества нужно израсходовать «что-то», как мы затрачивали работу, получая электричество трением.

Гальванические элементы в чайных стаканах. Мы можем воспроизвести опыты Вольта, только вместо пластинок цинка и меди, переложенных войлоком, воспользуемся несколькими стаканами, наполненными подкисленной водой, и несколькими полосками меди и цинка.

Наполните водой чайный стакан и прибавьте к нему, размешивая стеклянной палочкой, серную кислоту так, чтобы кислота составляла приблизительно $\frac{1}{30}$ часть воды. Не забудьте, что всегда надо кислоту вливать по каплям в воду, а не воду в кислоту, потому что быстрое образование водяных паров может разбрызгать кислоту. Если нет серной кислоты, можно всыпать в стакан 5—6 чайных ложек обыкновенной поваренной соли.

В подкисленную воду опустите две полоски различных металлов (рис. 122). Самые подходящие металлы — это медь и цинк. Толщина пластинок не имеет значения, а ширину их лучше взять не меньше 4 сантиметров. Полоски эти можно изогнуть и подвесить на противоположные стороны стакана; только следите, чтобы они не коснулись одна другой. Прибор готов. Он называется гальваническим элементом.

том. Здесь кислота работает, разъедая металл, и в результате этой химической работы в меди возникает положительное электричество, а в цинке — отрицательное.

Если вы теперь соедините проволоками полоски элемента, вы увидите, что в момент соприкосновения между ними проскочит маленькая искорка.

Если соединить медную и цинковую пластинки проволокой, то по ней потекут электрические заряды. Принято в этом случае говорить, что по проволоке течет электрический ток. Так как электрических зарядов не видно, то принято считать, что ток в проволоке течет от положительной пластинки элемента к отрицательной, значит у нас — от меди к цинку.

Напряжение тока такого элемента очень невелико. Оно, примерно, в 10 тысяч раз меньше напряжения небольшой электрической машины. Зато сила тока нашего гальванического элемента гораздо больше силы тока электрической машины. Но напряжение тока можно увеличить, соединив несколько гальванических элементов вместе так, чтобы цинк одного соприкасался с медью другого (рис. 122). Напряжение увеличится во столько раз, сколько элементов вы возьмете.

Кстати, такое соединение гальванических элементов называется последовательным. Соединение элементов носит название батареи элементов.

В нашей батарее на одном ее конце будет свободной медная пластинка, на другом — цинковая. Медная будет заряжена положительно. Говорят также, что она имеет положительный потенциал; цинковая же пластинка имеет отрицательный потенциал, т. е. заряжена отрицательно.

Если бы вы соединили в батарею несколько тысяч гальванических элементов, вы увидели бы те же явления, что и при опытах с электрической машиной. Оба конца батареи, ее «полюсы», светились бы в темноте, проволоки при сближении давали бы огромные искры. Эта батарея могла бы заряжать лейденские банки. Все подтвердило бы, что вы имеете дело с электричеством очень большого напряжения.

Если концы проволок от полюсов гальванической батареи, составленной из 3—4 элементов, присоединить к маленькой лампочке карманного фонаря, нить лампочки ярко засветится.

Для других опытов, которые мы опишем, достаточно иметь батарею, составленную из четырех элементов. Только помните, что, когда кончите опыты, нужно вынуть полоски из раствора и промыть их под краном. Это делается потому, что даже тогда, когда элемент не работает, раствор кислоты или соли разъедает металлы.

Для различных опытов с электрическим током вы можете купить готовые элементы. Есть наливные элементы системы Лекланше. Для очень

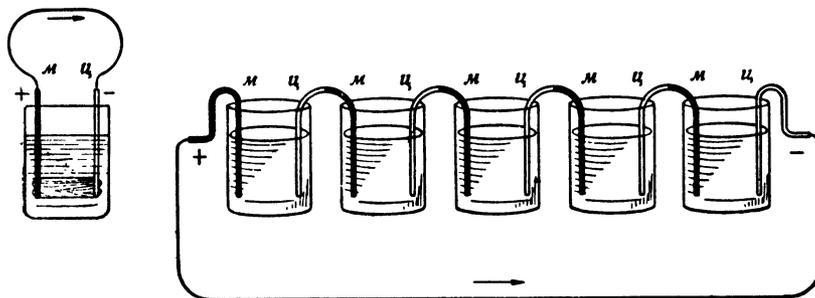


Рис. 122.

многих опытов лучше всего пользоваться готовыми, так называемыми «сухими» элементами. В них вместо раствора помещена похожая на вазелин, не выливающаяся масса.

У нас на рисунках всюду показаны простейшие элементы в стаканах, но это изображено условно. На самом деле для опытов нужно брать хорошие, долго действующие элементы, а наши элементы — стаканы — быстро ослабевают.

Проволока. Для различных соединений элементов вам нужно иметь немного проволоки. Лучше всего достать так называемую звонковую проволоку диаметром 0,8 миллиметра. Она изготовлена из меди и обмотана двумя слоями хлопчатобумажной изоляции. Конечно, когда вы будете присоединять проволоку к элементам или к батарее элементов, в местах соединений она должна быть очищена от изоляции. Если вы захотите удлинить проволоку, можно зачистить концы и хорошенько скрутить их.

Разложение воды электрическим током. Когда ток проходит через металлы, они не изменяются, кроме тех случаев, когда по тонкой проволоке пропускается ток большой силы. Тогда проволока раскаляется и может даже расплавиться.

Жидкости проводят электрический ток не так, как металл. Жидкости разлагаются электрическим током, и вы можете легко произвести опыт разложения воды.

Достаньте два обрезка тонкой платиновой проволоки. Расплющите их немного и припаяйте к концам медных проволок. Платиновые проволоки воткните в пробку на небольшом расстоянии друг от друга так, чтобы места спаек с медными проволоками оказались в пробке. Этой пробкой заткните стеклянную воронку, как показано на рис. 123, и залейте еще сверху сургучом или стеарином, чтобы не просачивалась вода.

Воронку укрепите на подставке, налейте в нее воды и прибавьте немного серной кислоты. Теперь соедините медные проволоки с батареей из 2—4 элементов, и вы увидите, что платиновые проволоки покроются пузырьками, которые начнут отрываться и всплывать на поверхность. Вместо оторвавшихся пузырьков появятся новые, и, наконец, вода как будто «закипит». Это ток разлагает воду на составные части.

Вода состоит из двух газов: водорода и кислорода. Образующиеся вокруг проволок пузырьки газа — это и есть водород и кислород. Газы эти легко собрать и, исследуя их, убедиться, что мы получили действительно водород и кислород.

Налейте в две пробирки воды, подкисленной серной кислотой, заткните одну из пробирок пальцем и опустите ее в воронку отверстием вниз. Когда отверстие пробирки будет в воде, отнимите палец. Вода из пробирки не потечет, — вы, наверное, помните, каким физическим законом объясняется это явление. Наденьте теперь пробирку на одну из платиновых проволок; маленькие пузырьки газа, поднимаясь кверху, будут скопляться у дна и постепенно вытеснят воздух из пробирки. Когда пробирка наполнится газом, снимите ее и быстро заткните пальцем, чтобы не выпустить газа. Таким же образом можно собрать газ с другой проволоки.

Уже в самом начале разложения воды можно заметить, что вокруг одной платиновой проволоки образуется вдвое больше пузырьков, чем

вокруг другой. Зная, что вода состоит из двух частей водорода и одной части кислорода, вы легко догадаетесь, что в той пробирке, где пузырьков вдвое больше, выделяется водород, а в другой, следовательно, кислород. Заметим, что водород выделяется проволокой, соединенной с цинком батареи, значит, с отрицательным полюсом ее. Если вы поднесете зажженную спичку к пробирке, снятой с этой проволоки, послышится слабый взрыв, и газ загорится голубоватым пламенем. Значит, это действительно водород.

Кислород не горит, но зато прекрасно поддерживает горение. Дерево гораздо сильнее разгорается в кислороде, чем в воздухе. Вы можете это сейчас же проверить. Опустите в пробирку, наполненную кислородом, тлеющую спичку, и она вспыхнет ярким пламенем.

В конце книги вы прочтете о том, как получить водород и кислород химическим способом и произвести с ними много интересных опытов.

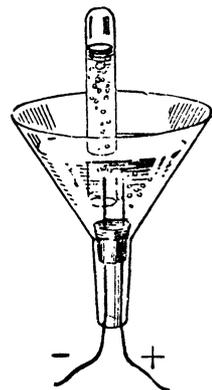


Рис. 123.

Гальваноластика. С помощью электрического тока можно покрывать одни металлы другими или снимать точные копии предметов. Для опытов нужно очень немного материалов и приспособлений. Нужен медный купорос. Он в виде красивых сине-зеленых кристаллов продается во всех аптекарских магазинах.

Возьмите стеклянную банку, наполните ее водой и разводите в ней медный купорос до тех пор, пока на дне не останутся нерастворяющиеся большие кристаллы. Такой раствор называется насыщенным. Затем положите на банку на некотором расстоянии друг от друга две медные хорошо вычищенные проволоки и соедините с полюсами батареи из двух элементов. Одну проволоку соедините с положительным, другую с отрицательным полюсом (рис. 124). К положительной проволоке, т. е. к проволоке, соединенной с медной полоской батареи, подвесьте кусок листовой меди, а к другой проволоке тот предмет, который вы хотите покрыть медью, например, железный ключ.

Полоска меди и ключ должны быть опущены в раствор купороса.

но не соприкасаться между собою. Ток будет разлагать медный купорос. Выделяющаяся из него чистая медь будет оседать на отрицательном проводе — на ключе. А в это же время взамен меди, извлеченной таким способом из раствора, на положительном проводе идет разрушительная работа: медная пластинка разъедается и пополняет медью раствор.

Для того чтобы этот опыт прошел удачно, нужно, чтобы покрываемый предмет был хорошим проводником электричества и чтобы он был совершенно чистым, без всяких следов жира на поверхности. Медная

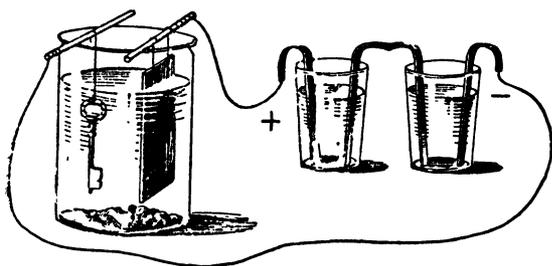


Рис. 124.

пластинка тоже должна быть до опыта тщательно вычищена наждачной бумагой и обезжирена. Отложения меди появятся на отрицательном проводе уже через несколько секунд после включения батареи, а через полчаса он уже весь покроется толстым слоем меди. Только надо поворачивать в сторо-

ну медной пластинки покрываемый предмет постепенно всеми сторонами, иначе он покроется неравномерно.

Очень красивыми получаются покрытые медью цветы и листья, только трудно сделать их хорошими проводниками электрического тока. Для этого их покрывают самым тщательным образом очень мелким порошком графита, хорошо проводящего электрический ток. Покрытая порошком графита поверхность цветов и листьев становится хорошим проводником электричества, и тогда осаждение меди идет успешно. По-настоящему, обработанные таким образом предметы опускают в ванну на медной проволоке отрицательного провода.

Можно также никелировать, серебрить, золотить разные вещи, только для этого, конечно, нужны другие жидкости, способные выделять эти металлы. Большая отрасль промышленности основана на этом действии электрического тока, и тысячи рабочих занимаются этим делом.

Но с помощью электричества можно не только покрывать разные вещи металлическим слоем; можно делать копии предметов, которые

так сходны с оригиналом, как две капли воды похожи друг на друга. Попробуйте, например, сделать с помощью электрического тока медную копию какой-нибудь медали. Никаких новых приборов для этого не нужно. Можно, конечно, получить осадок меди непосредственно на самой медали и потом отделить его, но тогда все выпуклости на медали будут на копии углублениями. Если бы на этой копии стал вторично оседать слой меди, получилась бы уже точная копия. Но это двойная работа и двойная трата купороса. Можно сделать вот как.

Смажьте медаль маслом и оберните ее по краям полоской бумаги в палец шириной. Получится коробка круглой формы. В нее налейте раствор гипса. Когда гипс застынет, его можно легко отделить от формы. Получится «негатив» из гипса, на котором все выпуклости будут соответствовать вогнутым местам медали, а вогнутые места — ее выпуклостям. На эту «матрицу» будет осаждаться медь. Но для этого нужно сделать матрицу проводником электричества. Натрите ее хорошенько с лицевой стороны (где мы получили «отгиск» медали) и по краям очень мелким графитом, оберните еще по краям медной проволокой без изоляции и повесьте в ванну с купоросом на отрицательный провод, лицевой стороной к медной пластинке. На соединение матрицы с проводом обратите особое внимание. Для лучшего соединения обмотайте ее по краям несколько раз тонкой проволокой или оберните гипсовую форму оловянной фольгой, конечно, не закрывая при этом оттиска медали. Затем присоедините батарею, и, когда заметите, что процесс разложения и осаждения меди пойдет правильно, предоставьте действовать электрическому току.

На графитные пылинки ложится мельчайшими частицами медь и образует сначала первый слой. На него затем все время отлагается медь и постепенно покрывает всю форму. Получается прекрасный «проводник» электричества. Дальнейшая работа идет уже скорее.

Примерно через сутки вы можете получить такой толстый слой, который можно без повреждения снять с формы.

Ускорять работу электричества, увеличивая напряжение батареи, не нужно: слепок получится грубым и непрочным.

Таким же образом сделайте и вторую сторону медали, наклейте обе части с двух сторон на медный кружок, обравняйте края напильником — и копия медали готова.

Очень просто делать гальваническим способом медные листья, потому что обратная сторона настоящих древесных листьев с выпуклыми жилками представляет собой готовую уже матрицу. Натрите графитом обратную сторону листа и повесьте его на отрицательном проводе, повернув лист натертой стороной к медной пластине. Чтобы осаждение меди на листе — особенно если он большой, — происходило более равномерно, протяните к разным местам листа несколько тонких проволочек от провода, подводящего ток к листу. По краям медь обычно осаждается с излишком и даже переходит на другую сторону листа. Поэтому края медного слепка приходится опиливать напильником, при- давая ему очертания оригинала.

Беседка и деревья из свинцовых кристаллов. Толстую свинцовую проволоку повесьте дугой в банку с раствором свинцового сахара. С этим раствором не шутите: он ядовит. Сделайте на стакан крышку из картона и сквозь нее пропустите еще один кусочек свинцовой проволоки так, чтобы он немного не доходил до дуги. Прямую проволоку соедините с отрицательным проводом батареи, а дугу — с положительным.

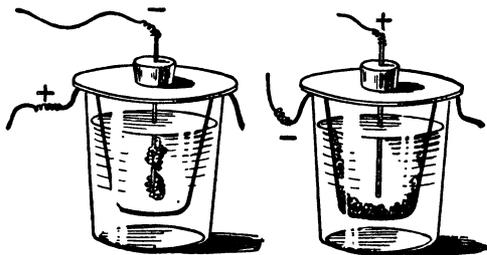


Рис. 125.

Чудное зрелище будет перед вашими глазами, особенно если вы будете смотреть в лупу. Вы увидите, как свинцовая проволока на отрицательном проводе постепенно утрачивает свою гладкую поверхность. Из свинцового сахара, так же как и в прежних опытах из медного купороса, выделяются маленькие блестящие кристаллики свинца. Они садятся на проволоку в середине стакана (рис. 125, слева), образуют причудливые разветвления, и, наконец, вырастает перевернутое вершиной книзу дерево.

Если вы измените направление тока, переставив провода, вы увидите, как «дерево» уменьшается и кристаллы отрываются от него. В то же время на дуге, которая соединена уже с отрицательным полюсом,

начнут вырастать кристаллы, и, наконец, вместо дерева образуется беседка, правда, тоже перевернутая верхушкой вниз (рис. 125, справа).

После опыта слейте раствор в бутылку, а стакан хорошенько вымойте под краном.

Вода, кипящая без огня. Вы читали уже о том, что если по тонким проводам проходит ток большой силы, он нагревает их. Вы видите это каждый день у себя дома в электрических лампочках.

Если у вас есть батарея в 8—10 элементов, вы можете раскалить добела тоненькую железную проволоку. Еще легче раскалить проволоку, специально изготовляемую для электронагревательных приборов — для чайников или утюгов, — так называемую никелиновую, реотановую или нихромовую проволоку.

Сверните из тонкой никелиновой проволоки спираль длиной в 1—2 сантиметра и концы ее присоедините к проводам батареи. Проволока сейчас же нагреется. Окуните спираль в пробирку с холодной водой (рис. 126). Вода забурлит, заклокочет и закипит.

Если батарея невелика, возьмите проволоку покороче и потоньше.

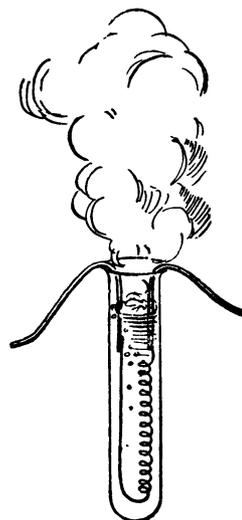


Рис. 126.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Простейший электромагнитный телеграф. В 1820 году Эрстед, профессор физики в Копенгагене, сделал открытие, всей важности которого в то время даже не смогли оценить. Эрстед производил опыты с электричеством вблизи стрелки компаса и, к своему удивлению, заметил, что всякий раз, когда к стрелке приближались провода батареи, стрелка отклонялась от своего обычного направления с севера на юг. Отклонение стрелки зависело от направления тока в проводе.

Теперь даже трудно себе представить, какое волнение произвело это открытие во всем ученом мире в то время. До того времени магнетизм и электричество считались силами, чуждыми друг другу; различными, — и вдруг оказалось, что они имеют что-то общее. Тогда не предполагали даже, до какой степени тесна связь между электричеством и магнетизмом. Эрстед заметил, что чем больше напряжение тока, проходящего по проволоке, и чем ближе эта проволока к стрелке, тем больше отклоняется стрелка компаса.

Вы сами можете произвести опыт Эрстеда. Но, чтобы опыт был интереснее, можно заодно построить действующий электромагнитный телеграф, примерно такой, какой когда-то построили в Геттингене двое ученых — математик Гаус и физик Вебер. На рис. 127 показано, как устроена станция нашего электромагнитного телеграфа. На рис. 127, *А* она показана в разрезе сбоку, а на рис. 127, *Б* в разрезе спереди.

Возьмите две спичечные коробки. Их ящички нам не нужны. Каждую коробку проткните посредине широкой стороны раскаленной вязальной спицей. Намагнитьте обломок вязальной спицы с почти такой же длины, как коробка, и проткните им маленькую пробку *n* так, чтобы концы спицы, выходящие по обе стороны пробки, были одинаковой длины. В эту же пробку, сквозь отверстия в широких сторонах спичечных коробок, воткните с обеих сторон по иголке так, чтобы они образовали ось для вращения намагниченной вязальной спицы. На нижний конец спицы наденьте маленькую пробочку *м*.

Но ось со спицей может ездить в коробке из стороны в сторону. Чтобы закрепить ее, наденьте на иголки с обеих сторон коробки тоненькие кружочки пробок *к*. Теперь нужно обмотать коробку тонкой изолированной проволокой. Проволоку возьмите диаметром 0,1 или 0,2 миллиметра. По одну сторону оси обмотайте коробку проволокой виток к витку, не доходя на полсантиметра до оси спицы. Затем поверх первого слоя намотайте второй ряд, не разрывая проволоку и не меняя направления обмотки. Затем третий ряд и поверх него четвертый. Когда намотаете четыре ряда, не разрывая проволоку и не меняя направления обмотки, переведите проволоку на вторую половину коробки и обмотайте ее точно так же, как и первую. Начало и конец обмотки привяжите к коробке нитками, чтобы обмотка не разматывалась.

Едва вы присоедините начало и конец обмотки коробки к полюсам батареи, спица сейчас же отклонится в сторону. Если вы поменяете на батарее концы обмоток, она так же отклонится, но уже в другую сторону. Чтобы легче было следить за движениями спицы, приклейте к ней сверху тоненькую лучинку с бумажным кружком.

Если вы заметите, в какую сторону отклоняется спица, когда, скажем, начало обмотки соединено с положительным полюсом батареи,

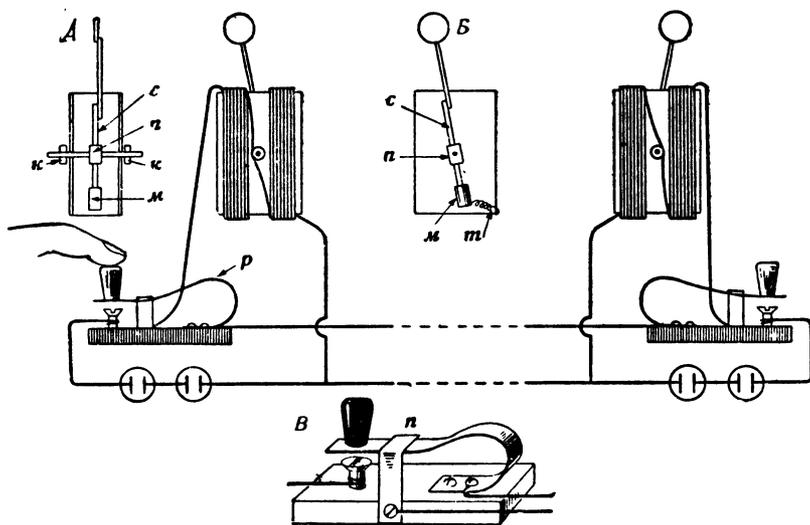


Рис. 127.

вы всегда сможете пользоваться этим маленьким аппаратом для определения направления тока в цепи.

Этот прибор настолько чувствителен, что может не только определять направление тока, но и обнаруживать самые незначительные токи в цепи.

Для того чтобы этот прибор можно было использовать в качестве телеграфного аппарата, сверните еще из тоненькой медной проволоки маленькую пружинку. Привяжите ее к нижней пробке спицы, а другой конец закрепите за край коробки так, чтобы пружинка немного оттягивала спицу. Эта пружинка показана на рис. 127, B; она обозна-

чена буквой *m*. Но не делайте эту пружинку слишком упругой. Она должна легко оттягивать спицу.

Попробуйте теперь пропустить ток через обмотку, и вы увидите, что намагниченная спица натянет пружинку и все-таки повернется, если направление тока будет таким, что спица наклонится в сторону, противоположную пружинке.

Точно так же сделайте и вторую приемную станцию нашего телеграфа. Затем для каждой станции надо еще сделать так называемый ключ — прибор для замыкания тока. Для этого можно взять обыкновенную кнопку от звонка, а можно сделать ключ самому.

К небольшой дощечке привинтите медную или даже жестяную полосу шириной в 1,5 или 2 сантиметра. Изогните полосу так, как показано на рис. 127, и под ее конец ввинтите в дощечку небольшой винтик. Эта полоска обозначена буквой *p*. Для того чтобы удобнее было прижимать полосу к винтику, можно к концу ее прикрепить маленькую деревянную ручку.

Теперь присоедините один конец обмотки коробки к этой полоске — пружинке ключа. Другой конец обмотки присоедините к полюсу батареи, а второй полюс батареи соедините с винтиком, ввернутым в дощечку ключа под концом пружинки. Если вы теперь нажмете ручку ключа, по обмотке пойдет ток, и намагниченная спица отклонится.

Для того чтобы удобнее было вести телеграфную связь двумя аппаратами, сделаем соединение немного иначе. Сбоку пружинки *p* ключа привинтите к дощечке еще одну полосу *n*, вырезанную из меди или жести, так, как показано на рис. 127, *B*. Высоту этой полоски рассчитайте так, чтобы свободная пружинка *p* ключа касалась ее. Тот провод, который был присоединен к пружине *p* ключа, снимите с нее и присоедините к полоске. Теперь соедините два прибора и два ключа с батареей так, как показано у нас на рисунке.

Если вы внимательно рассмотрите схему, вы увидите, что, когда оба ключа отпущены, батареи бездействуют, потому что винтики ключей, к которым присоединены провода от батарей, ни к чему не прикасаются. Но как только вы нажмете, например, левый ключ, ток левой батареи пройдет через винтик в пружинку *p* ключа, а через пружинку *p* и проволоку он дойдет до пружинки второго ключа (правая станция). А так как пружинка второго ключа касается добавочной

полоски n , ток пройдет через эту полоску и проволоку в обмотку правого прибора.

Пройдя по обмотке прибора, ток попадет во второй провод, соединяющий обе станции, и вернется ко второму полюсу левой батареи. Цепь замкнута, значит, намагниченная спица правого прибора отклоняется. Левый прибор в это время окажется выключенным, потому что пружинка левого ключа отошла от полоски и этим разорвала цепь прибора.

При такой схеме соединения замыкание ключа никак не может привести в действие прибор этой же станции, а включает только другую приемную станцию.

Понятно, что вторую приемную станцию можно поместить на большом расстоянии от первой — в другой комнате или даже, если увеличить количество элементов в батарее, и в другом доме.

Для того чтобы не бегать из одной комнаты в другую или из одного дома в другой во время налаживания аппаратов, лучше сначала поставить их на два конца стола и проверить, правильно ли сделаны все соединения.

Эта схема интересна и очень удобна тем, что для приведения в действие аппаратов двух станций нужны не 4 провода, как казалось бы, а только 2.

Но как переговариваться с помощью таких аппаратов? На настоящем телеграфе употребляют так называемую азбуку Морзе. В азбуке Морзе каждая буква обозначается различными комбинациями точек и тире. Например, буква А обозначается одной точкой и одним тире. Пишется она обычно так: $\cdot -$; буква В обозначается одним тире и тремя точками: $- \dots$

Вы можете условиться, что если вязальная спица прибора отклоняется ненадолго, это значит точка. Если же она задерживается — значит тире.

При передаче каждой буквы промежутки между точками и тире делайте небольшими, а между буквами — побольше. Тогда принимающий ваши сигналы не спутает, где кончаются знаки, относящиеся к одной букве.

Мы приводим здесь азбуку Морзе и, если вы выучите ее, сможете отлично пользоваться нашим электромагнитным телеграфом.

Русский ал- фавит	Телеграфный знак	Русский ал- фавит	Телеграфный знак	Русский ал- фавит	Телеграфный знак
А	·—	К	—·—	Ф	··—·
Б	—···	Л	·—·	Х	····
В	·—·—	М	—·—	Ц	—·—·
Г	—·—·	Н	—·	Ч	—·—·—
Д	—··	О	—·—·—	Ш	—·—·—·—
Е, Э	·	П	·—·—·	Щ	—·—·—·
Ж	··—	Р	·—·	Ь	—··—
З	—·—·—	С	··	Ы	—·—·—
И	··	Т	—	Ю	··—·—
Й	·—·—·—	У	··—	Я	·—·—

Намагничивание электрическим током. Как могла бы проволока при прохождении по ней тока отклонять магнитную стрелку, если бы она не имела в это время магнитных свойств? Магнитные свойства в проволоке прекрасно подтвердились опытом английского ученого Стерджона. Стерджен обмотал проволоку вокруг железного прута и доказал, что, если через эту проволоку пропустить ток, железо становится магнитом.

На рис. 128 показано, как можно проделать опыт, примерно повторяющий опыт Стерджона.

Обмотайте тонкой изолированной проволокой кусочек круглого железа и концы обмотки присоедините к полюсам батареи. У нас на рисунке показан один элемент, присоединенный к обмотке, но, конечно, лучше взять батарею, тогда железо намагнитится гораздо сильнее. Железо может очень сильно намагнититься. Все зависит от числа элементов и от того, сколько проволоки намотано на железо. Никакой постоянный стальной магнит не может сравниться по силе с таким, как его называют, электромагнитом.

Еще одна замечательная особенность электромагнита в том, что, как только ток выключается, железо теряет магнитные свойства.

И еще одно интересное явление вы можете заметить, производя опыты с электромагнитом. Если вы измените направление тока в обмотке,

окажется, что полюса его также переместятся. Северный конец станет южным, а южный — северным.

Часто бывает нужно знать, как магнитится железо под влиянием электрического тока, где получится северный полюс и где южный.

Возьмите железный стержень, обмотанный проволокой, и посмотрите на него так, чтобы вам была видна поверхность одного из концов стержня. Теперь проследите, в какую сторону идет обмотка, считая за начало обмотки провод, идущий от положительного полюса батареи. Если обмотка идет по направлению часовой стрелки, этот конец

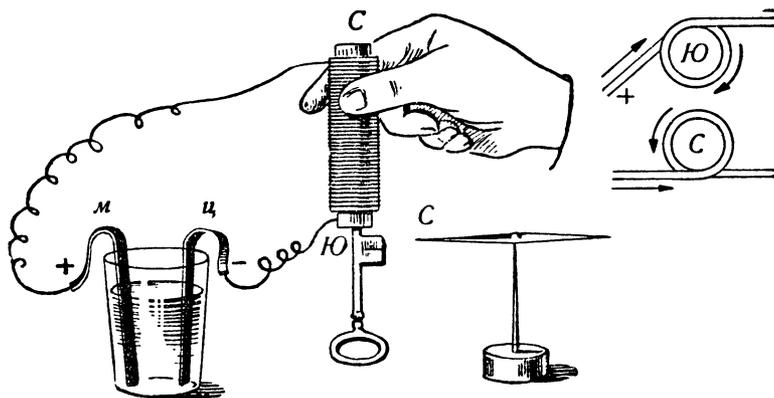


Рис. 128.

намагничивается как южный полюс. Вы это легко можете проверить, поднеся к электромагниту компас. Северный полюс стрелки компаса притянется к этому концу электромагнита.

Если же обмотка, также считая за начало ее провод, идущий от положительного полюса батареи, идет против движения часовой стрелки, тот конец электромагнита, на который вы смотрите, окажется северным. Таким образом, зная направление тока в электромагните, можно всегда заранее определить расположение полюсов.

Вы знаете, что, как только прерывается ток в обмотке, мягкое железо теряет свойства магнита. Но сталь, один раз намагниченная, не теряет магнитных свойств. Значит, пользуясь электрическим током, можно изготовить постоянные магниты из стали.

Из тонкого картона сверните трубочку длиной, примерно, в 10 сантиметров и такого диаметра, чтобы она была немного больше диаметра того стального прута, который вы хотите намагнитить. На концы этой трубки наденьте два маленьких картонных кольца так, чтобы получилась катушка. Эту катушку обмотайте изолированной проволокой диаметром 0,4 — 0,5 миллиметра в 6 — 7 рядов. Теперь вставьте стальной прут в трубку. Если прут длиннее катушки, вставьте его так, чтобы оба конца выступали одинаково с обеих сторон.

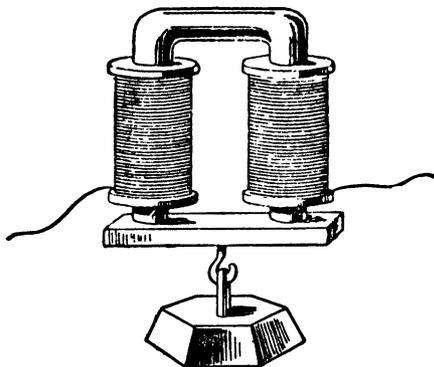


Рис. 129.

Можно намагничивать также и подковообразные магниты (рис. 129), только тогда придется сделать две катушки и проследить за тем, чтобы направление витков в них шло в разные стороны.

Таким способом вы можете изготовлять магниты для всех опытов, которые описываются в этой книге. Пользуясь электромагнитами, вы можете также проделывать опыты с магнитными силовыми линиями, описанные раньше.

Так как электромагниты можно сделать гораздо более сильными, чем те небольшие постоянные магниты, которые вам удастся достать, — пользуясь ими, вы сможете изготовлять прекрасные фигуры из опилок.

Таинственная рука. Свойство железа размагничиваться при выключении тока использовали даже фокусники. Одно время пользовался большим успехом такой фокус. Перед зрителями ставился круглый стол. На стол фокусник клал две тонкие книги, а на них стекло

так, что сквозь стекло была видна поверхность стола между книгами. Затем фокусник показывал руку, сделанную из палье-маше, и говорил, что это таинственная рука, с помощью которой «духи» сообщаются с людьми. Он клал эту руку на стекло и просил публику предлагать вопросы духам. Рука действительно оживала и стучала пальцами о стекло условленное число раз. Все удивлялись — ведь нельзя было даже подозревать связь руки с каким-нибудь аппаратом.

Конечно, движение руки объясняется действием электромагнита. В столе были спрятаны небольшие электромагниты, а в пальцы руки заложены кусочки железа. Фокусник незаметно замыкал провода от батареи, и рука стучала о стекло.

Волшебная палочка. В сказках часто рассказывают про волшебные палочки, с помощью которых можно творить различные «чудеса». Вы тоже можете как-нибудь показать своим друзьям волшебную палочку, указывающую на скрытые клады.

Вставьте в ящик стола сильный подковообразный электромагнит так, чтобы полюса его касались доски стола. Хорошенько заметьте местонахождение магнита и положите на это место монету, которая будет изображать клад. Накройте стол скатертью, предварительно наложив на монету сложенный вдвое носовой платок, чтобы было незаметно, где она лежит. Дайте кому-нибудь вашу волшебную палочку и попросите провести ею близко над столом.

Как только конец палочки окажется над монетой, палочка вздрогнет и потянется к ней.

Конечно, это объясняется тем, что в концы деревянной палочки забиты железные гвозди и их притягивает электромагнит.

Домашний звонок как электроаппарат. Если вы будете делать опыты с батареей, состоящей из 30—40 элементов, вы увидите, что полюсов батареи можно спокойно касаться руками, и только в момент прикосновения или тогда, когда вы отнимите руку от полюса, чувствуется слабый удар электрического тока. Но если вы сделаете такое приспособление, чтобы включение и выключение батареи происхо-

дли очень часто, тогда даже батарея из нескольких элементов будет так «дергать», что вы еле сможете держать провода.

На этом свойстве основаны многие врачебные электроаппараты. И наш домашний звонок несколько напоминает устройство медицинских аппаратов. На рис. 130 показан электрический звонок. Если вы проследите направление проводов, которые по большей части находятся на

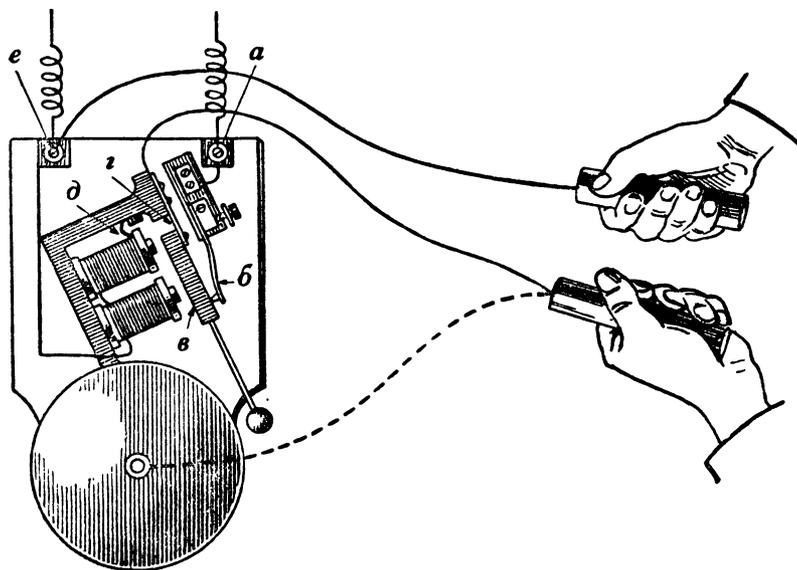


Рис. 130.

задней стороне звонка, вы легко поймете его работу. Ток подходит к винту *a* и через конец пружины *b* попадает в железную пластинку, так называемый якорь *v*. Через пружинку *z*, которая скрепляет якорь с металлическим основанием электромагнита, ток проходит в один из концов обмотки электромагнита и, пройдя по обмотке, возвращается в батарею через второй контакт *e*.

Значит, железные сердечники электромагнита намагничиваются и притягивают якорь *v*. Но, как только якорь притягивается, ток прерывается потому, что якорь отходит от пружинки *b*, сердечники электромагнита размагничиваются, и пружинка *z* отталкивает якорь обратно. Тут он снова дотрагивается до пружинки *b*, ток снова замыкается, элек-

ромагнит дергает к себе якорь, но ток опять прерывается, и шарик, укрепленный на конце стержня якоря, непрерывно бьет по колоколу.

В момент размыкания тока между острием пружинки *б* и якорем *в* проскакивает маленькая светящаяся искорка. В момент размыкания тока в обмотках электромагнита возникает так называемый экстраток. Напряжение экстратока, возникающего в обмотке, гораздо выше того, которое дает батарея, и им можно воспользоваться для электризации. Отвести ток от звонка очень легко; достаточно только присоединить провода к началу и к концу обмотки электромагнита.

У нас на рисунке показано, что один провод идет от винта *е*, потому что к нему присоединен один конец обмотки, а другой провод поджат под пружинку *г*, потому что к корпусу звонка присоединен второй конец обмотки электромагнита. Можно также один провод присоединить попержнему к *е*, а другой к верхушке звонка, как это показано на рис. 130 пунктиром.

Тому, кого вы хотите электризовать, дайте в руки для лучшего соединения какие-нибудь две металлические вещи и к этим предметам прикрутите выведенные из звонка концы проводов. Как только вы включите ток и звонок зазвонит, ваш приятель почувствует электрические удары, особенно сильные, если у него влажные руки.

Этим замечательно простым аппаратом вы можете электризовать даже несколько человек. Пусть они все возьмутся за руки; первый возьмет в руки один провод, а последний — второй.

Самодельный электромотор. Собственно говоря, каждая магнитная стрелка, отклоненная электрическим током, каждый электрический звонок — это уже электромотор, то есть машина, приводимая в движение электрическим током.

Мы опишем самодельный электромотор, такой, что с помощью его можно будет приводить в движение разные легкие модели.

Возьмите железный шуруп потолще. Обмотайте его изолированной проволокой и ввинтите в деревяжку (рис. 131). Вырежьте из жести от консервной банки 10 полосок, проколите их все посередине и наденьте на вязальную спицу. Чтобы полоски не расходились веером, оберните концы тоже жестяными полосками.

Спицу-ось с полосками поставьте около шурупа так, чтобы полоски приходились над ним как можно ближе. Теперь, если в обмотку пустить ток, винт намагнитится и притянет полоски. В этот момент ток надо включить, но полоски не остановятся, а с разгона проскочат дальше. Когда полоски будут приближаться к винту другим концом, снова включите ток; электромагнит опять притянет их к себе, но вы

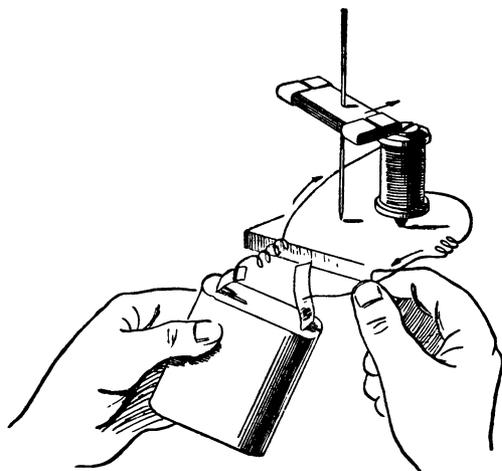


Рис. 131.

опять выключите ток, и мотор будет работать все время, пока ток будет включаться и выключаться.

Конечно, плохо включать ток руками. Очень трудно успеть это сделать во-время. Надо так сделать, чтобы электромотор сам автоматически прерывал ток, когда нужно.

Еще лучше будет мотор, если поставить не один винт, а два — по обоим концам жестяных полосок. Тогда при включении тока винты электромагнита будут притягивать полоски сразу с обоих концов. Еще лучший мотор полу-

чится, если оба винта соединить жестяными полосками, чтобы образовался подковообразный магнит. Но вот беда: когда полоски будут стоять точно над полюсами электромагнита, они не смогут сами сдвинуться с места. Значит, ось мотора надо сначала повернуть, и только после этого она начнет вращаться самостоятельно.

Этот недостаток устранить нетрудно: нужно и на пачке жестяных полосок тоже сделать обмотку.

Вы знаете уже, что при намагничивании железа любой его полюс можно сделать северным или южным. Все зависит от того, в какую сторону идет ток в обмотке. Значит, если ток пустить так, чтобы неподвижный подковообразный электромагнит был включен всегда одинаково, например левый его полюс (рис. 132) был всегда южным, а правый — северным, тогда придется изменять направление тока только во вращающейся части электромотора, в так называемом я к о р е.

У нас на рис. 132 (вверху) показано, что получается. Левый, южный полюс неподвижного электромагнита, так называемого статора, оттолкнет левый, тоже южный полюс якоря и потянет к себе правый, северный полюс. А правый полюс статора, наоборот, потянет к себе левый полюс якоря и оттолкнет правый. Значит, взаимодействие всех четырех полюсов вместе взятых заставит якорь быстро повернуться на оси.

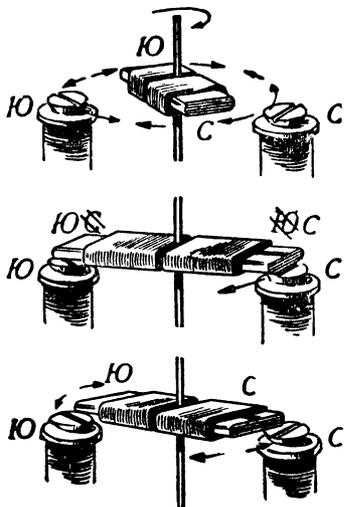


Рис. 132.

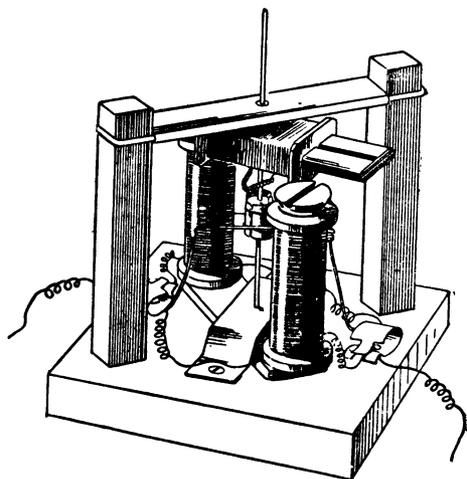


Рис. 133.

В тот момент, когда полюса якоря станут точно над винтами, нужно мгновенно переманитить якорь. Переманитить его тоже очень легко. Нужно только переключить концы обмотки электромагнита якоря. Тогда окажется, что северные полюса опять вместе, южные — тоже вместе, они снова станут отталкиваться друг от друга (рис. 132, в середине), и вращение якоря продолжится в том же направлении.

Якорь пойдет именно вперед, а не обратно, потому что он успел немного разогнаться, и концы его проскочили над винтами дальше (рис. 132, внизу).

Примерно так же был устроен первый в мире электромотор, изобретенный русским ученым Якоби. Свой мотор Якоби построил более ста лет назад, в ноябре 1834 года.

Для нашего самодельного мотора (рис. 133) подберите два железных шурупа длиной, примерно, в 4 сантиметра, с плоскими головками. Шурупы лучше взять толстые. Длину их не обязательно брать точно в 4 сантиметра. Не следует брать короче, а если достанете длиннее, придется только удлинить стойки рамки, в которых держится ось. Палочки стоек должны быть на 1,5 сантиметра выше концов винтов, ввернутых в дощечку. Палочки нужно хорошо укрепить. Выдолбите в дощечке основания два отверстия и промажьте их внутри клеем. В эти отверстия заколотите палочки.

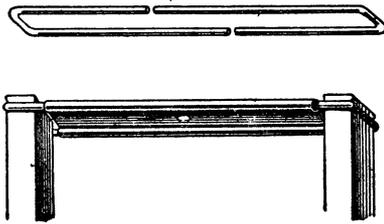


Рис. 134.

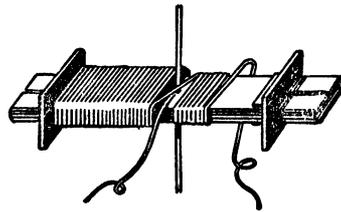


Рис. 135.

Из жести вырежьте полоску шириной немного больше толщины палочек и такой длины, чтобы она как раз входила между ними. На длинные стороны полоски наложите обрезки проволоки толщиной, примерно, в 1,5 миллиметра и обогните их краями полоски. Затем из такой же проволоки выпните две фигуры вроде буквы П и заложите их «ножками» в изгибы заготовленной полоски. Вытяните немного П-образные проволоки с обеих сторон, наденьте их на стойки и вдавите обратно (рис. 134). Проволоки войдут в канавки стоек, и полоска окажется крепко установленной. В ней будет вращаться ось якоря.

Якорь электромотора сделайте из 10—12 полосок жести таким способом, какой описывался вначале. Длину полосок рассчитайте так, чтобы они покрывали концы винтов, а ширину можно взять, примерно, в 1—1,5 сантиметра. Готовый якорь оклейте бумагой и затем обмотайте проволокой. Длину обмотки рассчитайте так, чтобы она поместилась между полюсами статора. Концы якоря оберните полосками жести. Проволоку возьмите диаметром 0,3 миллиметра. Обмотку начните от середины, от того места, где проходит ось. Наматывайте аккуратно

но, виток к витку, один ряд проволоки до того места, где должна закончиться обмотка, и, не разрывая проволоку, намотайте сверху второй ряд в ту же сторону. Когда опять вернетесь к середине полосок (рис. 135), намотайте сверху третий ряд и обратно — четвертый. Не разрывая проволоку, так же обмотайте и другую половину якоря и завяжите концы обмотки нитками. Теперь на оси якоря нужно сделать приспособление для переключения тока в обмотке. Это приспособление называется коллектором и состоит из маленького цилиндрика с обкладками с двух сторон и пружинок — щеток.

Изготовить правильный цилиндрик нетрудно. Нарезьте из старого чертежа несколько полосок шириной в 2 сантиметра. Приготовьте жидкий столярный клей или хороший канторский и намотайте бумагу на ось, все время смазывая ее клеем. Старайтесь мотать плотно, а о краях не заботьтесь — пусть получатся неровными, потом обрежете. Когда кончится одна лента, вторую не накладывайте на конец первой, а приклейте «в стык» (рис. 136), иначе получится бугорок. Когда доматаете цилиндрик до диаметра в 1 сантиметр, оторвите ленту, обвяжите цилиндрик нитками и положите высохнуть. Только что свернутый цилиндрик, еще мокрый от клея, мягок, а когда высохнет, станет крепким; тогда обрежьте острым ножом края с обеих сторон.

Длина цилиндрика должна быть равной 1 сантиметру. На цилиндрике нужно сделать две обкладки. Хорошо, если достанете для них тонкую латунь. В крайнем случае можно взять и кусочки жести. Измерьте длину окружности цилиндрика, разделите пополам и вырежьте две обкладки шириной чуть меньше высчитанной. Длина обкладок должна быть такой же, как и длина цилиндрика. Обкладки похожи на лопату (рис. 136). К их «ручкам» присоединятся потом провода обмотки якоря. Готовые обкладки должны плотно прилегать к цилиндрику. Выгните их и привяжите нитками к цилиндрику, точно одну напротив другой. Между ними должны остаться узенькие щели.

Вот и готов коллектор.

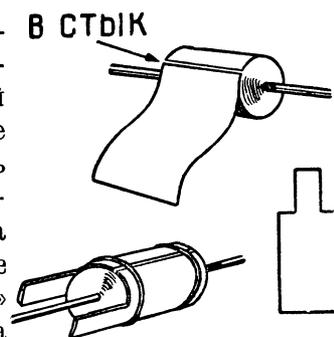


Рис. 136.

Прикрутите к «ручкам» очищенные от изоляции концы обмоток якоря, все равно, какой конец к какой «ручке». Теперь можно обмотать винты электромагнита статора и сделать щетки.

На каждый винт электромагнита наматывайте аккуратно, виток к витку, по 4 ряда проволоки диаметром 0,4 миллиметра. Когда будете соединять обмотку одного винта с обмоткой другого, внимательно проследите, чтобы направления обмоток шли в разные стороны. Ведь нам нужно, чтобы один полюс магнита был северным, а другой — южным.

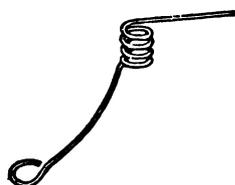
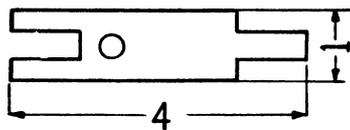


Рис. 137.

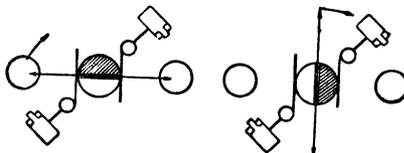
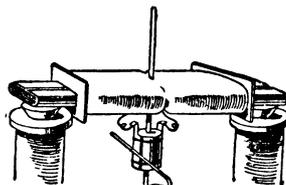


Рис. 138.

Щетки выгните из медной проволоки толщиной, примерно, в 1 миллиметр. Они показаны на рис. 137 (внизу) и так просты, что описывать их не нужно.

Для удобного приспособления к мотору проводов сделайте по рис. 137 (вверху) пружинные клеммы. Их конструкция тоже вполне понятна по рисункам. Лучше всего, если достанете для клемм пружинящую латунь, но выйдут они хорошо и из жести.

Остается правильно установить коллектор и присоединить концы обмоток статора. Задача коллектора — переключать ток в обмотке якоря. К обкладкам коллектора присоединены концы обмотки, а к щет-

кам подводится ток. На рис. 138 видно, что получается при вращении. Как только якорь становится над винтами, щетки переходят с одной обкладки на другую — значит, направление тока в якоре меняется, и он перемagnetивается. Ясно, что коллектор должен быть установлен так, чтобы как раз тогда, когда нужно перемagnetить статор, щетки переходили на другие обкладки. Тут надо все сделать очень тщательно. Небольшая неправильность в установке коллектора сильно ухудшает работу мотора.

Концы щеток присоединяются к клеммам. Они просто поджимаются под них. К клеммам же присоединяются и концы обмоток статора.

Когда все готово, присоедините к клеммам концы батареи из 4—6 элементов. Якорь сразу же сам снимется с места и начнет вращаться все быстрее и быстрее.

Этим мотором можно приводить в движение всякие самодельные механизмы.



Глава шестая

ОПЫТЫ ПО ХИМИИ

Мы уже не раз говорили о водороде. В этой главе, специально посвященной химии, поговорим об этом газе подробнее.

Если вы захотите делать химические опыты, запаситесь приборами. Все, что нужно для начала, — это несколько стеклянных трубок, 2—3 резиновые пробки с двумя отверстиями, воронка с трубкой, метр резиновой трубки и, пожалуй, еще стеклянная воронка и бумага для фильтрования. Специальную фильтровальную бумагу можно заменить обычной промокательной.

Запаситесь и некоторыми химическими материалами. Жидкости налейте в бутылки, порошки насыпьте в банки. Не имейте привычки сохранять материалы в картонных коробках. Конечно, каждый сосуд надо снабдить надписью с точным обозначением содержимого.

Добывание водорода. Чтобы добыть водород, бросьте в бутылку горсть цинковых стружек. На стружки налейте столько воды, чтобы они были покрыты ею. В горлышко бутылки вставьте пробку с двумя отверстиями. В одно из них вставьте трубку с воронкой, а в другое —

отводную трубку, изогнутую коленом (рис. 139). Трубка с воронкой должна доходить почти до дна бутылки, во всяком случае конец ее должен быть покрыт водой.

Если вы вольете через воронку несколько граммов разбавленной серной кислоты, немедленно на цинковых стружках начнется сильное образование пузырьков водорода. Вытесняя воздух, водород станет наполнять бутылку.

Только не вздумайте поднести спичку к отверстию отводной трубки. Вспомните, что воздух состоит из азота и кислорода, а смесь во-

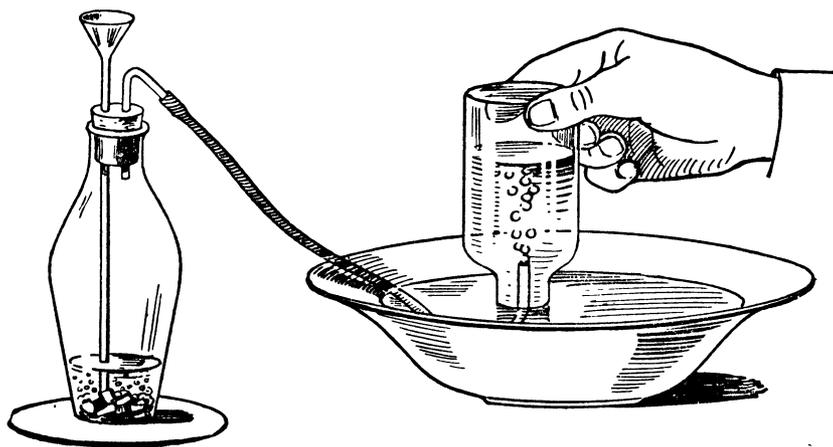


Рис. 139.

дорода с кислородом — это опасный гремучий газ. Взрыв газа немедленно разорвал бы бутылку.

Подождите несколько минут, пока весь воздух выйдет из бутылки, но и тогда еще будьте осторожны. С помощью резиновой трубки направьте газ в обыкновенный таз с водой. В таз опустите наполненную водой небольшую склянку горлышком вниз и введите конец резиновой трубки в горлышко этой склянки. Выходящий из трубки газ будет вытеснять воду и, наконец, заполнит всю бутылочку. Тогда заткните ее под водой пальцем, выньте, переверните и быстро приблизьте к отверстию ее горящую спичку. Газ вспыхнет и будет гореть голубоватым пламенем, если он чистый. Если вы услышите свист или треск, значит, к

водороду все еще примешан воздух, и лучше, покрыв бутылочку картонкой, погасить газ, выпустить его весь и снова набрать чистый.

Когда вы убедитесь, что весь воздух из банки, в которой добывается газ, вышел, можно заменить резиновую трубку прямой заостренной стеклянной трубкой и спокойно зажечь водород прямо у этой трубки.

Водород горит почти бесцветным пламенем, но температура пламени очень высока. Через некоторое время пламя желтеет благодаря выделению натрия из стекла, накаливающегося на конце трубки.

Если у вас есть под рукой кусок старой сетки от ауэровской горелки, поддержите его в пламени, и вы увидите ослепительный свет. Заостренный кусок мела тоже нагревается над пламенем добела.

Если поддержать вертикально стеклянную длинную трубу большого диаметра, поместив внутрь ее это пламя, то столб воздуха в трубе начнет быстро колебаться, и труба зазвучит.

Если вы хотите, чтобы водород горел ярким пламенем, прибавьте к пламени угля. Маленькие частички его раскалятся и дадут сильный свет. В светильном газе, который проводится в квартиры, также имеется углерод. Углерод вы можете выделить из пламени светильного газа и получить его в виде копоти, поддерживая холодную тарелку над пламенем. Если материал, взятый вами для получения водорода, не совсем чист, то пламя, смотря по свойству материалов, окрашивается различно. Если вы возьмете цинк, содержащий фосфор или серу, чистую или нечистую серную кислоту, то пламя получит разную окраску — красноватую, голубоватую или желтую.

Если во время добывания водорода образование его в бутылке замедляется, влейте еще немного воды и кислоты, и вокруг цинковых стружек снова забулбят пузырьки. Но если жидкость стала серой и в ней плавают черные хлопья, дальнейшее добавление кислоты уже не поможет: значит, истрачен весь цинк. Нужно потушить пламя, разобрать всю установку, вычистить, вымыть и собрать снова.

Если жидкость уже полностью отработана, профильтруйте ее и слейте в маленький стаканчик. Вы позже получите здесь красивые продолговатые кристаллы, которые осядут на дно сосуда. Это цинковый купорос — соединение цинка с остатками серной кислоты после вытеснения водорода. Он очень ядовит.

Водород — самый легкий из известных нам газов, им чаще всего наполняют воздушные шары.

Интересно, что водород горит прекрасно, но сам горения не поддерживает. Если вы быстро введете в бутылку с водородом зажженный огарок свечи, прикрепленный к проволоке, водород загорится у горлышка, а огарок погаснет. Этот опыт показывает, что водород горит только тогда, когда он соединяется с кислородом. Если вы будете медленно поднимать и опускать огарок, его можно несколько раз зажечь у отверстия и потушить внутри бутылки.

Сохранять сосуды с водородом, даже хорошо закупоренные, нельзя. Уже через некоторое время в них проникает воздух и образует опасный гремучий газ.

Гремучий газ. Гремучий газ состоит из двух частей водорода и одной части кислорода. Опыты с ним нужно проводить очень осторожно.

Но есть один опыт, который производит большой эффект и вместе с тем совершенно безопасен.

Выдуйте мыльный пузырь большого диаметра и затем осторожно введите в него отводную трубку из бутылки, в которой образуется водород. Как вводить трубку в пузырь, чтобы он не разорвался, вы уже знаете по описанию опытов с мыльными пузырями. Когда вы введете достаточно водорода в пузырь, можно поднести к нему спичку, и он с громким треском разорвется.

Правда, в пузыре будет не чистый гремучий газ, а смесь водорода, кислорода, азота и выдыхаемой нами углекислоты, но все же опыт этот всегда хорошо удается.

Кислород. Вы знаете уже, что атмосферный воздух состоит из четырех частей азота и одной части кислорода. Эти два газа по-разному влияют на жизнедеятельность человека и животных. Азот останавливает жизнь, а кислород поддерживает. Но если бы мы вдыхали кислород слишком большими порциями, продолжительность нашей жизни сократилась бы.

Кислород очищает кровь в легких и занимает место выдыхаемого нами углекислого газа.

Добыть кислород можно, накаливая химические соединения, богатые кислородом. Проще всего добыть его, осторожно смешав на кусочке бумаги две части бертолетовой соли с одной частью порошка перекиси марганца. Небольшое количество этой смеси — не более 2 граммов —

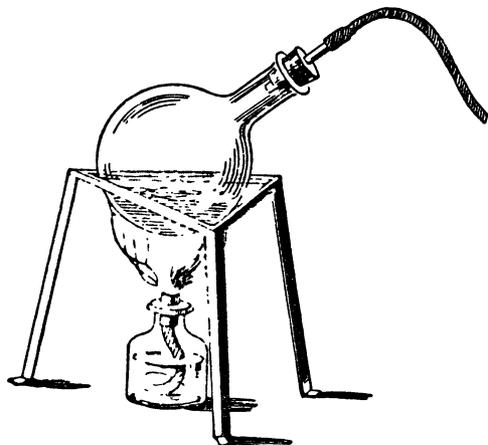


Рис. 140.

положите в колбочку и закупорьте ее пробкой с отводной трубкой. Колбочку поставьте на треножник из проволоки или из жести и нагрейте осторожно на спиртовой лампочке (рис. 140). Время от времени испытывайте выходящий газ тлеющей спичкой.

Если тлеющая спичка вспыхнет в момент приближения к концу трубки, значит, из смеси стал выделяться кислород. Тогда наденьте на стеклянную трубку колбочки резиновую трубку и введите газ в бутылку таким же способом, как наполняли ее водо-

родом. 2 грамма смеси бертолетовой соли с перекисью марганца дают немного кислорода, но в 4 — 5 приемов можно наполнить газом несколько довольно больших бутылок.

Кислород в бутылках можно сохранять для опытов некоторое время, только бутылки надо ставить горлышками вниз в блюда с водой.

При добывании кислорода все-таки нужна некоторая осторожность. Кислород не взрывается, но иногда он образуется в колбочке так стремительно, что огонь спиртовки, получая добавочную порцию кислорода, охватывает колбу. Лучше держать лампочку все время в руке или на дощечке. Когда выделение газа чересчур ускорится, уберите спиртовку, а когда замедлится, снова подставьте ее под колбу. Искорки, появляющиеся в колбе при нагревании, — это сгорающие частицы пыли. Они не опасны, если число их не слишком велико. Когда вы добыли достаточное количество газа, уберите спиртовку, но не оставляйте ре-

виновую трубку в тазу с водой. Вода поднимется в охлаждающуюся колбу, и колба может взорваться.

Кислород очень хорошо поддерживает горение. При большом количестве кислорода в воздухе сгорают даже такие тела, о возможности горения которых вы никогда не подозревали.

Для увеличения количества кислорода, притекающего к горящим веществам, устраивают поддувала; так, примерно, поддувают воздух в кузнечные горны, в доменные печи, где температура должна быть очень высокой. Все знают также, что ветер усиливает пожар.

Если вы наполните кислородом широкогорлую банку, затем закроете ее под водой плотно прилегающим кусочком картона или стеклом и перевернете, у вас будет сосуд, в котором можно пробовать, как горят различные тела в кислороде.

Привяжите, например, к проволоке кусочек тлеющего угля или губки и опустите в газ. Они ярко разгорятся и будут гореть до тех пор, пока либо сгорят окончательно, либо погаснут, если нехватит кислорода. Уголь горит в банке красноватым, а губка голубоватым пламенем. Очень красиво горит в кислороде сталь. Нагрев докрасна пружинку карманных часов, медленно охладите ее. От этого сталь отпустится, потеряет свою упругость. Выпрямьте ее и к одному концу прикрепите кусочек губки. Зажгите затем губку. Опустите пружинку в бутылку с кислородом и закупорьте ее пробкой.

Сначала ярким пламенем разгорится тлеющая губка: она раскалит добела конец пружинки, и сталь загорится, бросая во все стороны замечательно красивые пучки искр. По мере того как пружинка будет сгорать, можно вдвигать ее через пробку. Конечно, опыт будет тем удачнее, чем больше сосуд с кислородом. На дно банки лучше насыпать немного песка, потому что летящие из пружины искры — это расплавленные маленькие шарики стали. Шарики вонзаются в стеклянную банку и даже могут разорвать ее.

Сера горит в кислороде голубым пламенем. При опытах с горением серы ее нельзя прицеплять к проволоке или пружинке — она будет стекать с них каплями. Для этого и для следующего опыта возьмите игрушечную ложечку из жести, согните ее и повесьте на проволоке в банку. Серу положите в ложку и нагрейте над спиртовкой, пока она не расплавится и не воспламенится. Затем быстро опустите ее в газ.

Очень интересен опыт сжигания фосфора в кислороде. Фосфор очень опасен, так как он даже на открытом воздухе воспламеняется сам собой. Хранить его нужно в воде и отрезать кусочки, также не вынимая из воды.

Достаньте кусочек фосфора величиной с горошину, выньте этот кусочек ножом из воды и, не снимая с ножа, высушите его пропускной бумагой, прежде чем положить в ложечку для сжигания. Только не дотрагивайтесь до фосфора пальцем — он дает сильные ожоги. Зажгите его нагретой проволокой и быстро опустите в банку, наполненную кислородом (рис. 141).

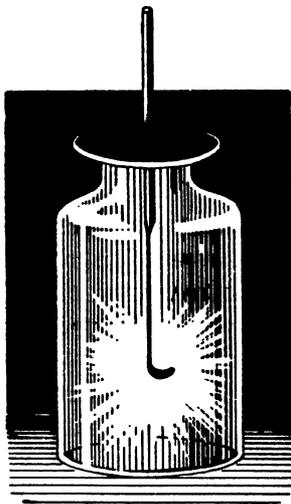


Рис. 141.

Сила света при сгорании фосфора совершенно невыносима. Даже белое облако, окружающее горящий фосфор (пары фосфорной кислоты), так сильно светится, что только, пожалуй, солнечный свет сильнее. Если вы проделаете этот опыт вечером, вам покажется, будто все лампы погасли и яркий дневной свет исходит от фосфора. Тени, несмотря на другие источники света, кажутся резкими и черными.

Когда фосфор погаснет, вам покажется, что вы находитесь в темноте или ослепли, так как в первые минуты вы ничего не будете видеть, даже в хорошо освещенной комнате. Мало-помалу утомленные резким светом зрительные нервы привыкнут к «темноте», и окружающие предметы будут снова ясно видны.

Огонь под водой. Наполните стакан теплой водой и бросьте в нее кусочек фосфора. При соприкосновении с теплой водой фосфор моментально воспламеняется. Если затем вы начнете вдвухать с помощью стеклянной трубки воздух к фосфору, вы заметите появление отскакивающих от него бесперывно светящихся искорок.

Еще раз напоминаем об осторожном обращении с фосфором.

Как зажечь железо на открытом воздухе. Вы видели, как сталь накаляется в кислороде до температуры плавления. Вместо стали можно взять железо и заставить его гореть не в чистом кислороде, а в обыкновенном атмосферном воздухе. Конечно, сплошной кусок железа не будет гореть в воздухе, потому что для действия кислорода воздуха его поверхность слишком мала. Но если взять мелкие железные опилки, этим можно облегчить доступ кислорода к частицам железа и заставить их гореть.

Возьмите магнитом щепотку железных опилок — вы получите нечто вроде железной губки, пропитанной воздухом. Теперь вам остается только минуту подержать щепотку железа над пламенем.

Опилки быстро и равномерно раскалятся докрасна.

Опустите эту раскаленную щепотку в кислород, и вы получите прекрасный фейерверк.

Двуокись углерода, или углекислый газ, выдыхается животными и поглощается растениями, для питания которых он необходим. Углекислый газ тяжелее воздуха. Поэтому при добывании его не нужно столько приспособлений, как при добывании других газов, и хранить его можно просто в стаканах, закрытых картонками.

Добыть углекислый газ можно в такой же банке, в какой добывали водород, только вместо цинка надо взять кусочки мела или мрамора и облить их разбавленной соляной кислотой.

Газ выделяется немедленно, потому что кислота энергично соединяется с известью (мрамор — это углекислая известь) и освобождает углекислый газ.

Выделениями углекислого газа знаменит так называемый Собачий грот близ Неаполя, на дне которого газ расстилается подобно озеру. В Германии тоже есть гроты, в которых выделяется двуокись углерода, например близ Пирмонта в Вестфалии.

Есть простое средство удостовериться в присутствии углекислого газа: пламя моментально гаснет в нем.

Если фонарь, внесенный в винный или пивной погреб, потухнет, надо быть очень осторожным — значит, в этом помещении много углекислого газа.

Как задить пламя невидимым газом. Понятно, что под названием «невидимый газ» мы подразумеваем углекислый газ. Прикрепите к картонке несколько свечей различной высоты, зажгите их и опустите на дно высокой банки. Впустите в банку углекислый газ с помощью

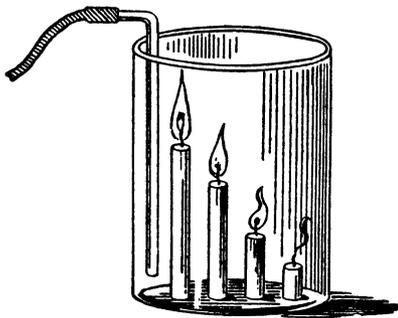


Рис. 142.

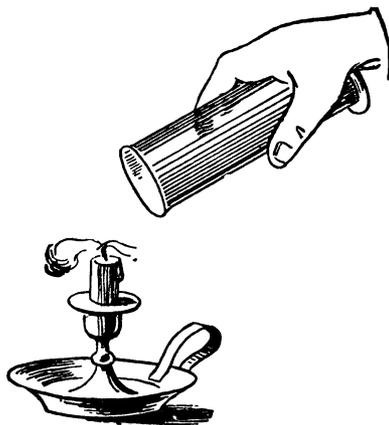


Рис. 143.

длинной стеклянной трубки, доходящей до дна банки (рис. 142). Углекислый газ станет собираться на дне. Потом он поднимется и погасит одну свечу за другой, начав с самой короткой.

Так как двуокись углерода тяжелее воздуха, ее можно осторожно переливать из одного сосуда в другой. Чувствительные весы, на которые можно поставить два сосуда, наглядно покажут прибавление веса.

Если вы выльете углекислый газ из стакана на пламя свечи, пламя сжегится, а при большой массе газа свеча совсем потухнет, будто ее опустили в воду (рис. 143).

Превращение воды в жидкость молочного цвета. Опустите в стакан с водой несколько кусочков негашеной извести и размешайте. Часть извести растворится в воде. Отфильтруйте раствор. Вы получите светлую жидкость, которую можно сохранять для следующих опытов.

Если в эту, так называемую известковую, воду впустить струю углекислого газа, вода тотчас же замутится и станет похожей на молоко.

Помутнение известковой воды — очень чувствительное средство для определения присутствия двуокси углерода. Достаточно подышать через маленькую трубку в жидкость, чтобы она замутилась.

Превращение бесцветной жидкости в синюю, белую и красную. При химических соединениях всегда получаются новые вещества, свойства которых подчас резко отличаются от свойств составных веществ. Так например, одно из свойств серы — горючесть, а железа — притягиваться магнитом.

Однако, соединение обоих веществ — сернистое железо — не горит и не притягивается магнитом.

Прибавив несколько капель раствора азотнокислого серебра (ляписа) к соленой воде, мы получим творожистый осадок, совершенно безвредный, хотя ляпис сильно ядовитое вещество. Известны краски, составные части которых совершенно бесцветны. Есть также неокрашенные вещества, полученные соединением двух окрашенных.

Приготовьте три раствора таких веществ: 1) желтой кровяной соли, 2) ляписа и 3) роданистого калия. На 100 кубических сантиметров воды возьмите по несколько граммов этих веществ и налейте растворы их в склянки с надписями. В четвертой склянке приготовьте раствор хлорного железа такой концентрации, чтобы раствор был желтым.

Для опыта возьмите четыре стакана с водой. Прибавьте к ней по несколько капель из каждой склянки. Поставьте теперь три первых стакана в ряд: 1) кровяная соль, 2) ляпис и 3) роданистый калий, а четвертый стакан, в который влито несколько капель хлорного железа, поставьте в стороне. Подлейте теперь в первые три стакана прозрачной жидкости из четвертого. Тотчас же жидкости в стаканах окрасятся в синий, белый и красный цвета. Если вы покажете опыт своим товарищам, они, не зная вашего секрета, наверное, очень удивятся.

Превращение желтой жидкости в голубую. Налейте в большой сосуд побольше воды и растворите в ней 1 весовую часть индиго в порошке, 2 весовые части железного купороса и 3 весовые части негашеной извести. Сосуд закройте крышкой и оставьте в покое на несколь-

ко часов. Все вещества растворятся. Первоначально голубая окраска заменится желтой. Дайте твердым частицам осесть в воде и слейте желтую жидкость в глубокий сосуд.

При переливании цвет жидкости изменится, и в другой сосуд она будет наливаясь темноголубой. Окраска индиго зависит от количества поглощенного им кислорода, который окрашивает индиго в голубой цвет. Так как железный купорос отнимает часть кислорода, попадающего из воздуха, окраска индиго становится белой, а известь делает ее желтой. При соприкосновении с воздухом индиго получает достаточно кислорода, чтобы снова стать голубым.

Изменение окраски при нагревании. Растворите в воде медный купорос, сильно разбавив раствор. Теперь подливайте в слабый раствор медного купороса едкий калий до тех пор, пока при легком взбалтывании красивый голубой осадок не будет больше растворяться. Затем прибавьте в сосуд немного виноградного сахара. Это никак не повлияет на раствор. Но если вы нагреете в пробирке небольшое количество этой жидкости, она станет оранжевой или красной.

Такой же опыт можно проделать с раствором марганцево-кислого калия в холодной воде. Сначала раствор калия зеленовато-синий, но, как только вы нагреете его до кипения, он станет светлокрасным.

Преобразование красной розы в белую, потом в зеленую и черную. Положите несколько красных роз под стеклянный колпак и под колпаком зажгите серу. В парах серы роза делается неприглядной, пестрой и, наконец, белой. Одну из этих роз окуните в слабый раствор серной кислоты, и она снова станет красной. Вторую розу опустите в раствор свинцового уксуса — она станет зеленой. Третью розу опустите сначала в слабый раствор соды, а затем в раствор железного купороса — она почернеет.

Если вы подставите под пары крепкой соляной кислоты влажные фиалки, они сделаются красными. Под парами нашатырного спирта фиалки станут зелеными, а под парами свинцовой извести с добавлением соляной кислоты — белыми.

Темно голу́бые мальвы, как и розы, белеют в парах серы, становятся чудного красного цвета при добавлении серной кислоты в раствор свинцового сахара (очень ядовит). Обесцвеченные мальвы в поташе или содовом растворе делаются светлозелеными и, наконец, в слабом растворе серной кислоты опять становятся красными.

Бенгальские огни. Бенгальскими называются огни, окрашенные в какой-нибудь цвет и получаемые при сжигании одного или нескольких смешанных веществ. Все смеси делаются в порошках, в известной пропорции — по весу или объему. Порошки употребляют или просто насыпанные на доску или набитые в бумажные гильзы. Тогда их называют свечами. В порошке состав дает больше света, а в свече меньше, потому что в свече уменьшается поверхность горения.

До смешивания отдельных веществ их надо предварительно хорошо просушить, а затем растереть в мельчайший порошок. Порошки никогда не растирайте после смешивания веществ, особенно если в состав их входит бертолетова соль. Бертолетова соль очень легко взрывается, и ее даже отдельно надо растирать с предосторожностями, не просушивая и не сильно надавливая, с перерывами, чтобы она не нагревалась. Составы надо размешивать на картонке деревянной лопаточкой или палочкой.

Самые чистые и красивые огни — только красный, зеленый, да еще разве белый. Остальные выходят гораздо хуже.

Вот вещества, которые окрашивают пламя:

азотнокислый стронций — красный огонь;

хлористый натр, т. е. поваренная соль, — желтый огонь;

азотнокислая окись меди или иодистая медь — зеленый огонь;

поташ — лиловый огонь.

Рецептов для составления различных цветных огней очень много, — это целая наука; мы укажем здесь только самые употребительные.

Белый огонь:

селитры 18 частей
 серы 10 „
 трехсернистой сурьмы . . . 3 части
 негашеной извести 4 „

Красный огонь:

пороховой мякоти 1 часть
 серного цвета 1 „
 азотнокислого стронция . . 13 частей

Эти два состава совершенно безопасны, а в большинство других входит бертолетова соль. Состав из 4 частей бертолетовой соли и 1 части серного цвета может служить основой для всевозможных огней.

Очень красивый пурпуровый огонь дает смесь:

указанного состава 8 частей
чистого мела в порошке 2—3 части

Очень ярким огнем горит состав:

бертолетовой соли 4 части
серного цвета 5 частей
трехсернистой сурьмы 2 части
угля (тончайший порошок) 1 часть
азотнокислого стронция 20 частей

Зеленый огонь:

бертолетовой соли 5 частей
серного цвета 4 части
азотнокислого бария 12 частей

Бертолетову соль из этого состава можно выкинуть, но тогда азотнокислый барий надо заменить хлорноватокислым:

хлорноватокислого бария 3 части
серного цвета 1 часть

Этот состав воспламеняется очень легко сам собою, поэтому будьте осторожны и не заготавливайте его слишком много. Менее опасен, но не так красиво горит следующий состав:

хлорноватокислого бария 3 части
молочного сахара 1 часть

Общее правило для сжигания этих огней — не насыпать их кучкой: они образуют шлак, который гасит и затемняет их. Сыпьте узенькой дорожкой на составленные концами кирпичи, камни или черепицы.

Для свечей употребляют другие составы:

Белый огонь:

селитры 4 части
серного цвета 2 .

Красный огонь:

бертолетовой соли	8 частей
азотнокислого стронция	12 „
стеарина (скобленного)	2 части
молочного сахара	1 часть

Зеленый огонь:

бертолетовой соли	2 части
азотнокислого бария	1 часть
молочного сахара	1 „

При изготовлении свечей очень большое значение имеют качество гильз и способ их набивки. Гильза должна сгорать вместе с составом, поэтому ее делают не из картона, а из бумаги, скатывая в несколько слоев.

Набивать свечи надо туго, тогда они горят ярко и ровно. Только помните, что многие составы взрываются, поэтому всегда набивайте гильзу деревянной лопаточкой; при этом смочите состав водой. Хорошо высохнув, он будет гореть даже дольше, чем набитый сухим.

Гильза скатывается на палочке диаметром около 3 сантиметров. Перед тем, как снять ее с палочки, один конец немного сдвигается и стягивается бечевкой. Когда набьете всю гильзу, также затяните бечевкой и другой конец.

Чтобы свечи, огни и всякие другие фейерверки хорошо выходили, надо напрактиковаться.

Образование кристаллов. Газообразное, жидкое или твердое состояние тел зависит от температуры и от давления, под которым тела находятся.

Большое влияние на состояние тел оказывает температура, и вы, конечно, знаете влияние температуры на самое распространенное на земном шаре вещество — воду.

Если поставить охлаждаться жидкость в совершенно спокойном состоянии, можно проследить результаты понижения температуры.

Удивительно тонко и точно работает мороз, преобразая частицы воды, содержащиеся в воздухе. Вдруг на каком-нибудь месте стекла на

нашем окне появляется едва заметная игла. Она растет и утолщается. Затем появляются вторая, третья, четвертая... Они толкают друг друга и соединяются в симметричные группы. Они украшают друг друга так нежно и тонко, что глаз никогда не устает следить за этой работой. Кристаллизация продолжается, все новые и новые кристаллы заполняют свободное пространство.

Примерно то же самое повторяется при образовании твердых тел из растворов. При этом кристаллизация видна даже лучше.

Все вещества кристаллизуются по-своему, каждое имеет свою особую, только ему присущую форму кристалла, частицы сами сцепляются и вырастают, образуя твердое тело.

Чтобы проникнуть в тайну кристаллизации, прибегали к сильнейшим микроскопам, проникали при помощи их в глубину кристаллов при их формировании, прибегали к помощи фотографии, но до сих пор безуспешно, потому что едва появляется первый след ничтожнейшего кристаллика, как он оказывается уже вполне сформированным, со всеми поверхностями и гранями настоящего кристалла.

Если вы хотите заняться наблюдением над кристаллизацией, вы можете на первый раз сделать очень простой опыт.

Налейте в большую банку теплой воды и всыпьте в нее полную горсть медного купороса. Если весь купорос растворится, подсыпьте еще и проделывайте это до тех пор, пока на дне не останутся нерастворившиеся кристаллы. Этот насыщенный раствор является таковым только для известной температуры. Нагрейте его — и все кристаллы растворятся. Остудите раствор до температуры ниже той, при которой вы его насыщали, и на дне сейчас же появится большое количество кристаллов. Значит, для образования кристаллов всякий раствор должен быть охлажден до температуры ниже той, при которой он насыщался.

Наблюдая за кристаллизацией, можно заметить несколько случаев:

1. После охлаждения до комнатной температуры в растворе не образуется кристаллов. Это значит, что он не был насыщенным.

2. Медленно появляются хорошо сформированные кристаллы при комнатной температуре раствора. Это значит, что раствор был вполне насыщен.

3. При первом же незначительном понижении температуры образу-

ются кристаллы и быстро громоздятся в беспорядочную кучу. Это значит, что раствор был насыщен при высокой температуре.

Теперь вы знаете, что надо делать, чтобы вызвать кристаллизацию. Но если вы хотите получить отдельные хорошие кристаллы или группы кристаллов, надо предпринять еще кое-что.

Растворите побольше квасцов в теплой воде. Квасцы хорошо растворяются и быстро кристаллизуются. Из насыщенного раствора вы уже на другой день получите хорошие кристаллы. Слейте с них раствор и оставьте его куда-нибудь в теплое место. По мере того как из него будет испаряться вода, он все время будет кристаллизоваться.

Из первых кристаллов выберите лучшие и опустите их в оставленный раствор; они мало-помалу вырастут в прекрасные кристаллы правильной формы. Их нужно только изредка поворачивать в разные стороны.

Хромовые квасцы тоже дают чудные кристаллы темнокрасного цвета. Получить их можно точно таким же способом.

Можно небольшой кристалл хромовых квасцов опустить в раствор простых квасцов; он будет продолжать расти, и получится, наконец, красный кристалл внутри и прозрачный снаружи.

Очень хорошо кристаллизуются щавелевокислый аммоний, сода, селитра, двухромовокислый калий и медный купорос. Только ни один из них не дает таких чудных кристаллов, как квасцы.

Интересно, что кристаллы, как и капельки влаги в воздухе, ищут, на чем бы им осесть. Неровные, шероховатые поверхности лучше всего способствуют образованию кристаллов. В этом легко убедиться, если в насыщенный раствор опустить шерстяную нитку и стеклянную трубку. Нитка быстро начнет покрываться кристаллами, а трубка так и останется чистой.

Светящаяся кристаллизация. Некоторые вещества при кристаллизации светятся. Но они очень ядовиты, и для нашего опыта можно воспользоваться только сернокислым калием. Сернокислый калий и поташ, которые нужны нам для этого опыта, должны быть совершенно чистыми.

Оба вещества растворите отдельно в больших количествах воды. Про-

фильтруйте раствор поташа и осторожно влейте в него раствор калия, постепенно размешивая. Вливайте его до тех пор, пока не прекратится шипение.

Получившуюся смесь профильтруйте и кипятите ее до тех пор, пока на стеклянной палочке, смоченной раствором, при охлаждении не покажутся кристаллы. Тогда дайте всему раствору медленно охладиться в большом тазу, и вы увидите при кристаллизации яркие искорки, особенно хорошо видимые в темноте.

Как заставить карандаш висеть на пепле сгоревшей нитки. Отрежьте кусок нитки длиной сантиметров в 25 и подвесьте на ней легкий маленький карандаш из записной книжки или другой какой-нибудь предмет приблизительно такого же веса. Затем попросите кого-нибудь из присутствующих поджечь нитку, а вы заранее скажите, что карандаш останется висеть на пепле. Большинство, понятно, отнесется к такому фокусу с недоверием. Но вашу нитку можно спокойно зажечь, и получится великолепный результат. Нитка сгорит бесцветным пламенем, а предмет останется висеть на пепле.

Такой фокус показать нетрудно. Нужно предварительно опустить нитку в крепкий раствор квасцов. Высохнув, она покроется корой маленьких кристалликов. Во время сгорания нитки квасцы сплавятся и сцепят частицы пепла.

Для большего эффекта вы можете пропитать квасцами не конец нитки на катушке, а отступя, скажем, метр, и тогда, если кто-нибудь попробует проделать этот опыт, у него карандаш обязательно упадет, а вы, нащупав, откуда начинается пропитанная квасцами нитка, отрежете ее и блестяще проделаете опыт.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3

Глава первая

ОПЫТЫ ПО МЕХАНИКЕ

Рубль на листке бумаги	5
Шар на шнурке	6
Как сломать палку, висящую на петлях из папи- росной бумаги	6
О центробежной силе.	7
Вода не выливается из опрокинутой банки	8
«Чортова петля»	9
Опыты с волчком	12
О центре тяжести тела	14
Ванька-встанька	14
Опыт с двойным конусом	16
О давлении воздуха	17
Монгольфьер	19
Опыты с барометром	21
Воздушный змей	22
Летающий винт	24
Бабочка	25
Бумеранг	27
Опыт с катушкой	28
Шарик, танцующий в воздухе	28
Как перевернуть стакан, наполненный водой, не пролив ни капли	29
Струя, бьющая по приказанию	30
Сифон	31

	Стр.
Шар Герона	33
Геронов фонтан	34
Картезианский водолаз	36
Насосы и их устройство	37
Самый простой комнатный фонтан	41
Обратное давление	43
Простейшая паровая турбина	44
Простой пароходик	45
Как убедиться, какая из двух жидкостей тяжелее, не взвешивая их и даже не прикасаясь к ним	46
Яйцо, плавающее внутри жидкости	47
Шар из масла внутри жидкости	48
Мыльный пузырь	48
Мыльный пузырь как воздушный шар	49
Два мыльных пузыря один в другом	51
Другие опыты с мыльными пленками	51

Глава вторая

ОПЫТЫ СО ЗВУКОМ

Некоторые сведения о звуке	53
О скорости распространения звука	55
Как измерить расстояние, не пользуясь линейкой	55
Как произвести звук, чтобы услышать его дважды	57
Дешевый телефон	58
Рупор	59
Искусственный гром	62
Акустические обманы	62
Говорящие фигуры	63
Волчок как акустический инструмент	67
Звучание струн	72
Гармоника из деревянных палочек	73
Музыкальный инструмент из бокалов	74
Звуковые фигуры Хладни	75
Поющая водяная струя	79
Пламя, отзывающееся на звуки	81

Глава третья

ОПЫТЫ С ТЕПЛОТОЙ

Металлический термометр	85
Воздушный термометр	87
Вертящаяся змея	88
Получение теплоты без огня	88
Нагревание химическими способами	91
Нагревание жидкостей сотрясанием	93
Искусственный холод	95
Искусственный туман	97

Глава четвертая
ОПЫТЫ СО СВЕТОМ

	Стр.
Солнечные часы	101
Тени, вертящиеся навстречу друг другу	106
Танцующие тени	107
Изображения, производимые маленьким отвер- стием	108
Простейший фотографический аппарат	109
Зеркальная камера-обскура	112
Глаз — та же камера-обскура	113
Искусственный глаз	115
Зеркало	117
Бесконечные зеркальные отражения	118
Калейдоскоп	119
Как можно смотреть сквозь камень	120
Вогнутые зеркала	123
Цветы в воздухе	126
Шаровидное зеркало	127
Цилиндрическое зеркало	127
Вытянутое изображение без зеркала	128
Призма	129
Что обнаруживает призма?	132
Радужный круг	134
Почему цветные предметы кажутся иногда чер- ными	135
Светящийся фонтан	136
Мираж	138
Игра красок в подзорной трубе	140
Оптические обманы	141
Стробоскоп	147
Птица в клетке	148
Оптические обманы из-за сильного освещения	149

Глава пятая
ОПЫТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

Как добыть электричество	151
Сургуч и мыльный пузырь	152
Стеклянная палочка и маятник из бузины	153
«Ано-като»	153
Оригинальный фонтан	154
Разные проводники электричества	155
Разные электричества	157
Положительное и отрицательное электричество	161
Электрофор	161
Электрическая машина	164
Цилиндрическая машина	167
Конденсаторы	168

	Стр.
Электрический ветер	172
Электрическая вертушка	172
Электрическая тележка	174
Электрические искры	174
Сияние	175
Изолирующая скамейка	175
Батарея из лейденских банок	177
Фигуры Лихтенберга	178
Разряд через цепь людей	178
Оригинальный денежный шкаф	179
Гроза в миниатюре	180
Искрящаяся трубка	182
Светящиеся буквы	183
Светящиеся бокалы	183
Светящийся ландшафт	185
Электрическая пушка	185

0 магнетизме

Искусственные магниты	187
Устройство компаса	190
Умные рыбки	191
Геометрические фигуры из плавающих магнитов	192
Замечательные рисунки, сделанные магнитом	193

Гальванический ток

Снова об электричестве	196
Гальванические элементы в чайных стаканах	197
Проволока	199
Разложение воды электрическим током	200
Гальванопластика	201
Беседка и деревья из свинцовых кристаллов	204
Вода, кипящая без огня	205

Электромагнетизм

Простейший электромагнитный телеграф	205
Намагничивание электрическим током	210
Таинственная рука	212
Волшебная палочка	213
Домашний звонок как электроаппарат	213
Самодельный электромотор	215

Глава шестая

ОПЫТЫ ПО ХИМИИ

Добывание водорода	222
Гремучий газ	225
Кислород	225

	Стр.
Огонь под водой	228
Как зажечь железо на открытом воздухе	229
Двуокись углерода, или углекислый газ	229
Как залить пламя невидимым газом	230
Превращение воды в жидкость молочного цвета	230
Превращение бесцветных жидкостей в синюю, бе- лую и красную	231
Превращение желтой жидкости в голубую	231
Изменение окраски при нагревании	232
Превращение красной розы в белую, потом в зе- леную и черную	232
Бенгальские огни	233
Образование кристаллов	235
Светящаяся кристаллизация	237
Как заставить карандаш висеть на перле сгорев- шей нитки	238

Ответств. редактор **О. ДРОЖЖИН**
Худож. редактор **И. ИВАНОВ**
Технич. редактор **Г. ШЕЙНБЕРГ**
Коррек. **Р. ГРАНОВА** и **С. ЛИБОВА**
Рисунки, форзац и переплет работы
художников **С. МУРАШЕВА** и
В. СИГОРСКОГО

Сдано в производство 28, XII 1936 г.
Подписано к печати 23/У 1937 г.
Детиздат № 1021. Индекс Д-7
Формат 72 x 93¹/₁₆. 15³ в печ л
(12,05 уч. авт. л.).

Уполномоченный Главлита Б-21402.
Тираж 25 300. Заказ № 2846.

Фабрика детской книги Изд-ва
детской литературы ЦК ВЛКСМ.
Москва, Суцгерский вал, д. 49

Цена 4 руб. Переплет 1 р. 50 к

основанію. Эта сокровенная точка находится внутри предметовъ, но въ различныхъ предметахъ—въ разныхъ мѣстахъ, такъ напримѣръ, въ шарѣ центръ тяжести совпадаетъ съ его серединой, а потому каждый предметъ надо разсматривать въ этомъ отношеніи особо. Возьмемъ шаръ, лежащій на горизонтальной плоскости (Рис. 9,1) и мы увидимъ, что центръ тяжести его находится, какъ разъ надъ точкой опоры шара на плоскости. Это называется, что предметъ находится въ безразличномъ равновѣсїи и шаръ, самъ по себѣ, никогда не можетъ покатиться, какъ бы его не вертѣли, но если наклонить плоскость на которой лежитъ шаръ, то положеніе измѣняется (Рис. 9,2). Центръ тяжести не совпадаетъ больше съ точкой опоры, т. е. находится уже не надъ ней и перетянетъ шаръ вправо—и шаръ покатится.

Ванька-Встанька. Ванька-Встанька весьма занимательная игрушка, изготовить которую очень легко; формы ея могутъ быть чрезвычайно разнообразны. Интересъ ея заключается въ томъ, что всякій ищетъ въ этой игрушкѣ центръ тяжести не тамъ, гдѣ слѣдуетъ. Чтобы сдѣлать Ваньку-Встаньку, возьмите кусокъ бузины, и придайте ему форму бутылки вышиной въ 4 см., какъ указано на рисункѣ 9,3. Подъ дно бутылки приклейте кусокъ свинца, въ видѣ полушарія, для чего сравняйте свинецъ ножомъ, а затѣмъ подпилкомъ. Вмѣсто свинца можно взять короткій гвоздь съ большой полукруглой шляпкой. Если покрыть эту бутылку чернымъ или зеленымъ лакомъ, верхушку окрасить красной краской и надписать этикетку, то никому и въ голову не придетъ искать центръ тяжести подъ дномъ. Особенность этой бутылки будетъ заключаться въ томъ, что какъ бы мы ее ни положили, она сейчасъ же приметъ вертикальное положеніе. Этотъ родъ равновѣсія называется устойчивымъ. Кто изъ читателей отнесся внимательно къ изложенному выше и разсмотритъ рисунокъ 9,4 конечно пойметъ, какое вліяніе имѣетъ свинцовое полушаріе на устойчивое равновѣсіе бутылки. Еще забавнѣе, если вмѣсто бутылки сдѣлать изъ той-же бузины маленькаго человѣчка и раскрасить его яркими красками. Какъ-бы мы ни наклоняли этого человѣчка, онъ покачавшись изъ стороны въ сторону, непремѣнно въ концѣ концовъ, перетянутый центромъ тяжести, приметъ вертикальное положеніе. Можно заказать у токаря шаръ, сказавъ ему, чтобы онъ въ одинъ бокъ вставилъ тяжесть, не портя наружнаго вида шара. Тогда центръ тяжести окажется уже не въ срединѣ и шаръ будетъ стремиться стать на тотъ бокъ, гдѣ находится центръ тяжести. Украсьте шаръ легкой куклой, платье которой на половину закрывало бы шаръ. При малѣйшемъ толчкѣ кукла потѣшно качается, вертится, но все же въ концѣ концовъ встанетъ на тотъ бокъ, въ которомъ вложена тяжесть (Рис. 9,5).

Опытъ съ двойнымъ конусомъ. Замѣчательно просто и

интересенъ слѣдующій опытъ. Закажите токарю двойной конусъ въ 6 см. въ діаметръ и 14 см. длиною, какъ показано на рис. 10, А; при этомъ необходимо, чтобы конусы были выточены точно и аккуратно. Затѣмъ вырѣжьте изъ дерева двѣ дощечки, размѣры которыхъ указаны на рис. 10, В. Верхній край, имѣющій наклонъ, долженъ быть совершенно ровнымъ и гладкимъ, для чего не мѣшаетъ протереть его стеклянной бумагой. Если захотите измѣнить размѣръ дощечекъ, напримѣръ, сдѣлать ихъ длиннѣе, то замѣтите, что узкіе ихъ концы (при соединеніи)

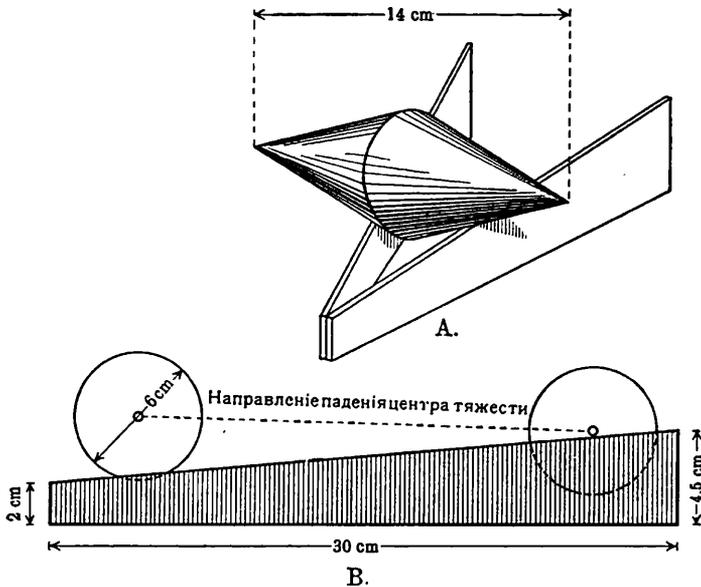


Рис. 10.

должны быть уже половины діаметра взятаго конуса. Сложите затѣмъ дощечки узкими концами и, какъ указано на рис. 10, А, раздвиньте другіе концы на длину конуса. Положите конусъ серединой на соединеніе дощечекъ и вы увидите, что онъ, вращаясь и поднимаясь какъ-бы въ гору, докатится до раздвинутыхъ широкихъ концовъ дощечекъ. На первый взглядъ это кажется чѣмъ-то особеннымъ, но эта кажущаяся несообразность объясняется тѣмъ, что конусъ-то собственно не поднимается вверхъ, а падаетъ. такъ какъ центръ тяжести его, совпадающій съ центромъ фигуры, при движеніи къ раздвинутымъ концамъ дощечекъ, опускается ниже, чѣмъ былъ при началѣ движенія. Это можно рассмотреть на рисункѣ 10, В. Если сдвинуть обѣ дощечки ближе, чтобы конусъ не опускался такъ глубоко, то онъ и не покатится кверху.

Чтобы дощечки не раздвигались, прибейте къ нимъ поперечную деревянную планку.

Поставить кого-нибудь такъ, чтобы онъ не могъ поднять ногу. Этотъ опытъ не требуетъ никакихъ приспособленій. Поставьте кого-нибудь къ ровной стѣнѣ или къ двери такъ, чтобы пятки касались стѣны. Центръ тяжести прямостоящаго человѣка окажется такъ далеко впереди, что равновѣсіе сохраняется только благодаря носкамъ ногъ. Въ этомъ положеніи никто не можетъ поднять ноги, если не согнетъ колѣна.

Посадить кого-нибудь такъ, чтобы онъ не могъ встать. Вамъ навѣрно приходилось замѣчать, что при извѣстномъ положеніи нашего тѣла бываетъ очень трудно или даже совсѣмъ невозможно встать со стула. Такъ напр., если вы положите сидящему на стулѣ человѣку его руки на колѣни и попросите его вытянуть ноги впередъ, то вы увидите, что человѣкъ, принявшій такое положеніе, не можетъ встать потому, что центръ тяжести въ данномъ случаѣ лежитъ далеко позади и равновѣсіе сохраняется только стуломъ. Когда же сидящій подтянетъ ноги и наклонитъ туловище впередъ, т. е., приблизитъ центръ тяжести къ ступнямъ ногъ, то онъ легко встанетъ.

О центробѣжной силѣ. Привяжите къ шнурку камень и начните его вращать. Вы сейчасъ-же замѣтите, что чѣмъ быстрее вы будете вращать камень, тѣмъ сильнѣе будетъ натягиваться шнурокъ—это происходитъ оттого, что при вращеніи камня развивается сила, которая стремится отбросить его отъ центра вращенія, т. е., отъ руки. Физики называютъ эту силу центробѣжной. Уже молодой Давидъ имѣлъ понятіе объ этой силѣ, выпуская смертоносный камень изъ пращи въ голову Голіафа. Вообще всѣ тѣла, вращающіяся вокругъ одной точки, имѣютъ стремленіе удалиться отъ этой точки. Дѣйствительно ли это такъ? спроситъ любознательный читатель. Вѣдь мы знаемъ, что планеты вращаются вокругъ солнца, а луна вокругъ земли, почему же онѣ не улетаютъ въ пространство? Дѣйствительно, это бы и случилось, если бы въ природѣ не существовало силы противоположной центробѣжной, а именно силы центростремительной, которая притягиваетъ тѣла другъ къ другу. И какъ мудро это устроено: еслибы дѣйствовала только центростремительная сила, то луна упала бы на землю, но стѣ этого ее удерживаетъ равная ей центробѣжная сила!.. Эти двѣ силы дѣйствовали всегда и будутъ дѣйствовать вѣчно какъ на нашей землѣ, такъ и во всемъ необъятномъ міровомъ пространствѣ.

При вращеніи сосуда съ водою вода не выливается. Возьмите цилиндрическую открытую сверху жестянку, пробейте на палецъ отъ верхняго края двѣ дырки на противоположныхъ сторонахъ, продѣньте въ дырочки ручку изъ проволоки, какъ это дѣлается у ведеръ. Къ серединѣ ручки привяжите бичевку.

хотя и невидимая имѣтъ стремленіе не измѣнять своего направленія.

О давленіи воздуха. Окружающій насъ воздухъ, повидимому, столь легкій, прозрачный и невещественный, въ дѣйствительности обладаетъ тяжестью, или вѣсомъ и, какъ мы увидимъ ниже, весьма значительнымъ, благодаря чему онъ и облегаетъ плотно земной шаръ. Воздухъ можно свѣсить такъ же удобно, какъ куль муки или литръ молока. Для этого прикрѣпляютъ къ чувствительнымъ вѣсамъ стеклянный сосудъ, вмѣстимостью, на примѣръ, въ 1 литръ ¹⁾ и взвѣшиваютъ его, а затѣмъ выкачиваютъ воздухъ воздушнымъ насосомъ, насколько это возможно, и снова взвѣшиваютъ. Вѣсы покажутъ, что сосудъ сталъ легче на 1 граммъ ²⁾. Значитъ 1 литръ воздуха вѣситъ приблизительно 1 граммъ. Сколько же вѣситъ весь воздухъ или какъ велико давленіе воздуха на одинъ квадратный сантиметръ поверхности земли? Опытъ показали, что давленіе это равняется 1 килограмму ³⁾, отсюда нетрудно вывести чрезвычайно любопытное заключеніе, что поверхность человѣческаго тѣла, представляющая при среднемъ ростѣ, 15.000 кв. см., выносить давленіе въ 946 пудовъ. Вотъ какой страшный грузъ несетъ на себѣ каждый изъ насъ! Его было-бы слишкомъ достаточно, чтобы совершенно раздавить насъ и если этого не происходитъ, то только благодаря тому, что давить онъ насъ не только сверху. Воздухъ окружаетъ насъ со всѣхъ сторонъ и давленіе его передается нашему тѣлу во всѣхъ направленіяхъ, вслѣдствіе чего уничтожается и его губительное дѣйствіе. Воздухъ, со всею силою своего давленія, свободно проникаетъ въ самыя глубокія внутреннія полости нашего организма, вслѣдствіе чего мы испытываемъ изнутри то же самое давленіе какъ и снаружи и такимъ образомъ давленія эти взаимно уравновѣшиваются.

Теперь поговоримъ о воздушномъ океанѣ, на днѣ котораго человѣкъ живетъ какъ рыба въ водѣ. Съ незапамятныхъ временъ люди старались подняться и плавать въ этомъ воздушномъ океанѣ. Изъ древней исторіи мы знаемъ о полетѣ на крыльяхъ Дедала съ сыномъ Икаромъ. Эта и другія подобныя легенды, доказываютъ, что мысль о недостигнутомъ пока еще свободномъ полетѣ, явилась у человѣка въ глубокой древности. Идея объ устройствѣ воздушнаго шара принадлежитъ іезуиту Франциску Лану (1670 г.) Затѣмъ въ Португаліи въ 1709 году былъ дѣйствительно сооруженъ воздушный шаръ; въ 1783 году братья Монгольфье, владѣльцы бумажной фабрики во Франціи, выпустили шаръ наполненный нагрѣтымъ воздухомъ. Ихъ шаръ представлялъ собой продолговатый мѣшокъ, открытый снизу для наполненія нагрѣ-

¹⁾ 1 литръ равенъ, приблизительно, 1½ бутылкамъ.

²⁾ 1 граммъ равенъ 0,23 золотника.

³⁾ 1 килограммъ равенъ 2,44 фунта.

тымъ воздухомъ. Впослѣдствіе была прикрѣплена къ этому шару плетеная корзина, а первыми воздухоплавателями въ ней были баранъ, пѣтухъ да утка. Въ октябрѣ того же года впервые поднялся и завоевалъ, такъ сказать, царство эфира — человекъ; это былъ Пилатръ де-Розье. Корзина была придумана физикомъ Шарлемъ, который затѣмъ примѣнилъ въ качествѣ подъемной силы, вмѣсто нагрѣтаго воздуха, водородъ, а потомъ придумалъ разныя приспособленія, употребляемыя и теперь, какъ напр., сѣтка, клапанъ для выпусканія газа, балластъ, якорь и т. п. Въ декабрѣ 1783 года Шарль полетѣлъ въ первый разъ и самъ на шарѣ, наполненномъ водородомъ, (который въ 14 разъ легче воздуха) и поднялся гораздо выше Розье. Эти два типа шаровъ и до настоящаго времени носятъ названія ихъ изобрѣтателей — шары, наполняемые нагрѣтымъ воздухомъ, называются «монголь-фіерами», наполняемые же газомъ — «шарліерами». Идя далѣе по пути усовершенствованій, люди пришли къ заключенію, что самый главный недостатокъ въ шарахъ, какъ въ летательныхъ аппаратахъ, это то, что воздушныя теченія носятъ ихъ по своему произволу и что спуститься въ любой моментъ на землю можно только выпустивъ газъ, т. е., что шаромъ управлять невозможно и что поэтому лучшимъ летательнымъ снарядомъ надо считать крылья. Въ этомъ направленіи и были приложены всѣ стремленія специалистовъ и особенно за послѣдніе годы достигнуты громадныя успѣхи какъ въ управленіи шарами, такъ и въ специальныхъ летательныхъ аппаратахъ. Современные шары содержатъ по нѣсколько тысячъ кубическихъ метровъ газа; ихъ дѣлаютъ изъ непроницаемой шелковой или бумажной ткани, снизу они снабжены особымъ рукавомъ для наполненія газомъ. Наполняются они водородомъ или обыкновеннымъ свѣтильнымъ газомъ — въ зависимости отъ того для какой цѣли и гдѣ снаряжается шаръ: газъ дешевле и менѣе подверженъ атмосфернымъ вліяніямъ, за то его подъемная сила почти въ 7 разъ менѣе водорода. При полетахъ для военныхъ цѣлей, шары обыкновенно наполняются водородомъ, ибо подъемная сила шара должна быть настолько велика, чтобы могла поднять не только пассажировъ въ корзину, привязанной къ веревочной сѣткѣ, въ которой помѣщается шаръ, — но и все необходимое для воздухоплавателей какъ-то: провизію, оптическіе и метеорологическіе инструменты, балластъ и др. Балластъ — это мѣшки съ пескомъ; онъ необходимъ для того чтобы регулировать подъемъ шара, также какъ и воздушный клапанъ. Высыпая песокъ изъ мѣшка, аэронавтъ облегчаетъ шаръ и поднимаетъ выше, а выпуская газъ черезъ клапанъ, уменьшаетъ подъемную силу шара и начинаетъ спускаться. При современныхъ усовершенствованіяхъ, воздухоплаваніе не болѣе представляетъ опасности, чѣмъ путешествіе въ вагонѣ желѣзной дороги и мы можемъ только пожелать нашимъ читателямъ совершить

это интересное путешествіе при благопріятныхъ обстоятельствахъ.

Познакомившись съ исторіей и основными теоріями воздухоплаванія, можно и самимъ устроить «монгольфьеръ» и «шарлиеръ». Для «монгольфьера» надо купить непористой папиросной бумаги; чтобы шаръ былъ покрасивѣе можно склеить его изъ разноцвѣтныхъ полосъ, напримѣръ, свѣтло-зеленыхъ, розовыхъ, бѣлыхъ или свѣтло-голубыхъ и желтыхъ. Вырѣжьте двѣнадцать полосъ изъ бумаги разныхъ цвѣтовъ. На рисункѣ 13,А показано, что верхъ долженъ быть острый, а низъ суживаться въ полоску. Чтобы сдѣлать шаръ больше склейте два листа въ длину. Размѣры возьмите съ рисунка 13,А, т. е. общая длина $180+16=196$ см., поперечникъ по срединѣ 30 см. и нижнія части полосъ, изъ которыхъ потомъ составится горловина, должны быть по 16 см. длины и 8 см. ширины. Само собой разумѣется, что всѣ полосы должны быть аккуратно вырѣзаны и одинаковаго размѣра, для чего ихъ надо равнять накладывая одна на другую. Когда склеете всѣ полосы, какъ показано на рисункѣ 13,В, то получите совершенно круглый шаръ, діаметръ котораго равенъ 120 см., а діаметръ нижней открытой части 32 см. Склеиваніе, въ данномъ случаѣ,—дѣло не легкое. Для склеиванія нельзя употреблять ничего кромѣ клейстера, который лучше всего готовить слѣдующимъ образомъ: двѣ полныхъ столовыхъ ложки крахмала распустите въ двухъ рюмкахъ холодной воды; поставьте на огонь и мѣшайте пока молочно-бѣлая жидкость не обратится въ прозрачную отлично склеивающую массу. Этотъ клейстеръ не пачкаетъ. Первая двѣ—три полоски вы склеете безъ затрудненія, а затѣмъ работа сдѣлается сложнѣе, потому что начнется образовываться закругленіе. Подъ конецъ придется клеить навѣсу, подхватывая лѣвой рукой снизу край склеенной части, а правой накладывая полоски сверху. Самое трудное свести верхушку и если она не выйдетъ аккуратно, то можно ее заклеить особымъ кружкомъ. Въ отверстіе внизу вклейте кольцо изъ камыша или прутика, чтобы оно не мялось. Въ это кольцо вдѣлайте крестъ изъ проволоки, какъ показано на рисункѣ 13,С. Если желаете привѣсить лодочку къ шару, то помните, что сама лодка, а также и ея привязь должны быть очень легки. Лучше всего для этого сдѣлать бумажную коробочку. Приклейте небольшихъ шесть нитокъ бумажками къ шару, какъ показано на рисункѣ 13,Д, а къ нижнимъ концамъ нитокъ привяжите эту коробочку, какъ показано на рис. 13,В, пропустивъ ихъ сначала черезъ тонкое картонное кольцо. Вся эта работа облегчается, если подвѣсить шаръ къ чему-нибудь, прикрѣпивъ нитку къ верхушкѣ. При наполненіи шара придется дѣйствовать съ огнемъ, поэтому дождитесь тихаго дня, чтобы шаръ не сильно качало вѣтромъ, иначе онъ легко можетъ сгорѣть. Съ выборомъ мѣста будьте

тоже осторожны, чтобы не сделать пожара. Обратите также внимание на направление вѣтра, чтобы шаръ при полетѣ не зацѣпилъ за дерево, откуда его трудно будетъ достать. Чтобы наполнить шаръ горячимъ воздухомъ, надо, чтобы кто-нибудь подержалъ его за верхушку, вставъ на стулъ. Можно также подвѣсить шаръ на натянутой, напримѣръ, между 2-мя деревьями, ниткѣ, которую затѣмъ перерѣзать возлѣ шара, когда онъ будетъ готовъ къ полету. Когда вы убѣдитесь, что все въ порядкѣ, прикрѣпите къ проволочному кресту въ кольцо небольшой комокъ ваты и намочите ее спиртомъ. Не слѣдуетъ зажигать вату сразу, такъ какъ вытянутыя пока еще стѣнки шара легко могутъ загорѣться, когда вспыхнетъ спиртъ. Подставьте снизу спиртовую лампочку и шаръ начнетъ надуваться и когда совсѣмъ расправится, то можно зажечь и вату. Въ это время можно уже не держать

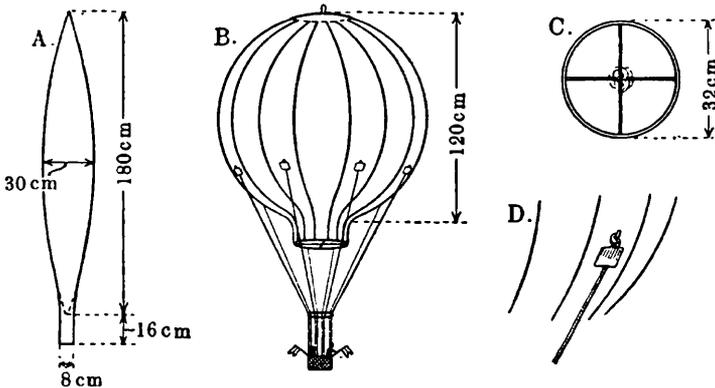


Рис. 13.

шаръ за верхушку, если нѣтъ сильнаго вѣтра, а придерживайте только за кольцо, а подождавъ немного пустите и кольцо. Хорошо сдѣланный шаръ плавно поднимется. Если кусокъ ваты былъ невеликъ, то шаръ далеко не улетитъ и вы можете получить его обратно. На всякій случай привѣсьте открытку съ точнымъ адресомъ, чтобы тотъ, кто найдетъ шаръ, могъ-бы вамъ объ этомъ написать.

Шарлеры изъ резины, наполненные водородомъ, продаются на улицахъ въ большихъ городахъ, за нѣсколько копѣекъ, но интересно его сдѣлать и самому. Способъ приготовления водорода изложенъ въ послѣднемъ отдѣлѣ этой книги. Лучше всего приготовить шаръ изъ коллодіума (растворъ пирокселина въ эфирѣ), который какъ извѣстно быстро испаряется и образуетъ пленку. Для этого нуженъ не очень густой коллодіумъ, нужна также съ широкимъ горломъ бутылка емкостью въ 1—2 литра и 2 стеклянные

трубки въ 30 см. длины. У одной изъ нихъ одинъ конецъ надо запаять. При извѣстномъ навыкѣ можно сдѣлать такой шаръ, который можно будетъ спускать нѣсколько разъ.

Налейте полъ-рюмки коллодіума въ чистую сухую бутылку и поболтайте его такъ, чтобы стѣнки и горлышко совершенно покрылись тонкимъ слоемъ, затѣмъ возьмите трубку и дуйте въ бутылку—этимъ вы высушите коллодіумъ на стѣнкахъ бутылки. Пленка образуется очень быстро, и ее нужно, прежде чѣмъ она совершенно высохнетъ, снять. Снятый съ горлышка бутылки коллодіумъ, который замѣнитъ намъ для будущаго воздушнаго шара газопроводную трубку, привязывается ниткой къ стеклянной трубкѣ, чтобы при наполненіи шара, газъ не улетучивался. При помощи запаянной трубки пленка отдѣляется потомъ осторожно отъ стѣнокъ и въ видѣ мѣшка вытаскивается изъ бутылки. Затѣмъ этотъ мѣшокъ слѣдуетъ хорошенько надуть и просушить и шаръ готовъ. Верхушки шара, гдѣ обыкновенно получается толстый слой коллодіума, обравняйте ножницами. Наполнить газомъ шаръ очень легко: положите мѣшокъ изъ коллодіума на столъ, выдавите изъ него рукой весь воздухъ и затяните слегка крѣпкую нитку на горлышкѣ возлѣ стеклянной трубки. Когда шаръ совершенно наполнится газомъ, затяните эту нитку покрѣпче—и только. Большой легкій шаръ хорошо поднимается и съ обыкновеннымъ свѣтильнымъ газомъ.

Опытъ съ барометромъ. Какъ бы сильно облака не окутали воздухоплателя, совершенно закрывъ отъ него землю, онъ все-таки можетъ въ любой моментъ довольно точно опредѣлить, на какой высотѣ находится надъ поверхностью земли. Вы спросите какимъ образомъ это возможно? Возможно это при помощи прибора, называемаго барометромъ. Этотъ инструментъ въ настоящее время можно встрѣтить почти въ каждомъ домѣ; онъ уже давно сталъ другомъ человѣка, такъ какъ въ зависимости отъ его показаній можно дѣлать довольно вѣрныя предсказанія относительно измѣненій погоды. Барометръ въ сущности представляетъ какъ бы вѣсы, на которыхъ давленіе атмосферы уравновѣшивается высотой ртутнаго столба. Такъ какъ давленіе воздуха ослабѣваетъ по мѣрѣ поднятія въ верхніе слои атмосферы, то ртуть въ барометрѣ будетъ опускаться и тѣмъ ниже, чѣмъ выше будетъ подниматься шаръ. Пользуясь этимъ свойствомъ барометра, каждый воздухоплатель, даже не видя поверхности земли, можетъ довольно точно опредѣлить, при помощи извѣстныхъ формулъ, высоту, на которой онъ въ данный моментъ находится. Для удобства воздухоплателя берутъ съ собою не ртутный барометръ, а металлическій, такъ называемый «анероидъ» и если онъ у васъ имѣется, то вы можете тоже произвести подобный же опытъ. Инструментъ этотъ очень чувствителенъ и не нужно даже высоко подниматься, чтобы замѣтить измѣненія

Howe Sp. 50 n.

MS. R. 1. 1.