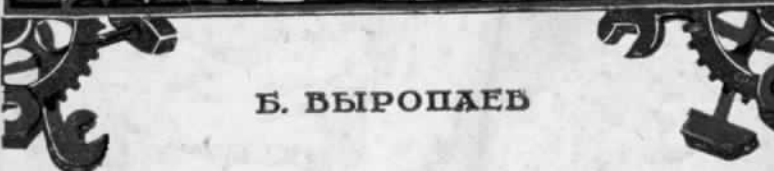


53

В-92

КНИЖНАЯ
ПОЛКА РАБОЧЕГО



Б. ВЫРОПАЕВ

ЭНЕРГИЯ
И ЕЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

4

9

2

7

11392331
574
№7362

Пр. **Депозитарий**

КНИЖНАЯ ПОДКАРАБОЧЕГО
☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

ВЫД К Б. ВЫРОПАЕВ 193 ⁵³ В-92^х

Пров. 1965

ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

ПРОВЕРЕНО



ПРОВЕРЕНО
34 г.

ПЧБ 1939



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА * ЛЕНИНГРАД
1 9 2 7

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

ПРОВЕРЕНО
1966 г.



Гиз № 17405
Ленинградский Гублит № 26517
7л. — Тираж 7000

1. СОЛНЦЕ. РАБОТА ВЕТРА И ВОДЫ.

Многие малокультурные народы считали солнце все-
сильным божеством, способным дать все необходимое
для человека. И некоторые народы, верившие, что



Рис. 1. Жертвоприношение солнцу у севных народов Америки.

солнце ежедневно рождается вновь, приветствовали его
восход молитвами и пением.

Это был наивный, младенческий взгляд первобытного
человека, считавшего, что солнце является живым суще-

ством, главным источником всей жизни на земле. Так было когда-то. Но как обстоит дело теперь?

Никто, конечно, не считает теперь солнце божеством. Однако, наука выяснила, что почти все, что существует, живет и растет на земле, обязано в конечном счете своим происхождением и жизнью солнцу.

Ветер и вода. Летом в ясный солнечный день, когда стоит тихая погода, пойдите в поле. Там можно наблюдать, как над поверхностью земли колышутся и текут какие-то струйки. Это поднимаются вверх слои нагретого воздуха.

Все хорошо знают, или по крайней мере слышали, что от нагревания предметы расширяются. Для примера можно взять телеграфные провода. Летом они нагреваются солнцем сильнее, становятся длиннее и провисают больше, чем зимой. Или другой пример — градусник, которым измеряется температура. Ртуть, налитая в стеклянную трубку, от тепла заметно расширяется и поднимается в трубке.

То же происходит и с воздухом. От нагревания он расширяется, и расширяется даже больше, чем твердые предметы и жидкости. При этом он становится более легким и поднимается вверх. На его место начинает двигаться сверху и с боков воздух менее нагретый. Это движение воздуха мы называем ветром. Причиной же ветра является, следовательно, солнце, или, точнее, его теплота.

Такой движущийся воздух, или ветер, обладает силой. И сила эта порой бывает громадна. Достаточно вспомнить, какой страшной силы достигают бури и ураганы. Они в состоянии иногда опрокидывать целые поезда или гнать против течения воду в большой реке, создавая такие опустошительные наводнения, как, например, в Ленинграде осенью 1924 года.

Человечество очень давно научилось использовать эту силу ветра. Приспособив ветер для передвижения парусных судов, достигли больших успехов в мореплавании, что дало возможность открывать и заселять новые, неизвестные до того земли.

К более позднему времени относится использование силы ветра и на суше при помощи ветряных мельниц.

В Европе ветрянки начали распространяться, примерно, лет 800 тому назад — прежде всего в Англии, Франции и Германии.

Обычно ветряные мельницы служили и служат до сих пор для помола зерна. Но кое-где, например, в Голландии, ими пользуются, кроме этого, для откачивания с полей воды, для осушки болот и т. д. Американцы, во многом опередившие Европу, достигли больших результатов и в деле использования ветряных двигателей. На рис. 2 изображена одна из американских ветро-электрических установок. С первого же взгляда

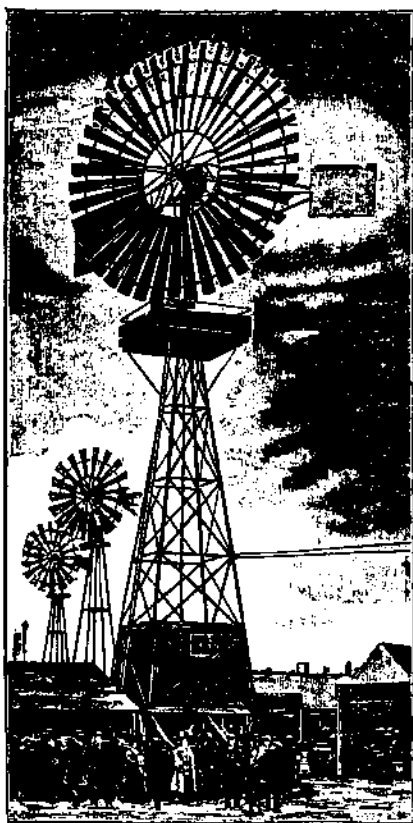


Рис. 2. Американская ветро-электрическая установка.

можно видеть, насколько устарели по сравнению с ними наши ветрянки.

Но следует отметить, что, несмотря на все успехи в использовании силы ветра, делается это до сих пор сравнительно в небольших размерах.

Круговорот воды. Итак, мы видим, что под влиянием солнечного тепла нагретый воздух поднимается вверх. Но от нагревания солнечными лучами поднимается не только воздух. С поверхности рек, озер и океанов испаряется вода и превращается в водяные пары, которые смешиваются с воздухом. Испарение воды происходит постоянно, но оно особенно усиливается под влиянием теплоты солнечных лучей. Вместе с нагретым воздухом уносятся вверх и водяные пары. Что может происходить с этими водяными парами вверх?

Чтобы разобраться в этом вопросе, вспомним, что бывает, когда мы в теплую комнату вносим хотя бы холодный самовар. Самовар через минуту начинает „потеть“, покрывается влагой. Теплый, комнатный воздух содержит в себе некоторое количество водяных паров. Слой этого воздуха, находящийся близко к холодному самовару, охлаждается и может, оказывается, содержать в себе по этой причине уже меньше водяных паров. Часть последних сгущается в воду и покрывает стенки холодного самовара.

Таким же образом сгущаются в воду и пары из охлаждавшегося наверху воздуха. Эти сгустившиеся водяные пары образуют облака, из которых и выпадают обратно на землю в виде дождя, града и снега. Дождевая вода и вода, получающаяся от таяния снега, а на высоких горах от таяния ледников, стекает вниз, образуя ручьи и реки, впадающие затем в моря и океаны. Вся

эта громадная масса воды размывает берега, размельчает и сносит своим течением большое количество песка, щебня и т. п. Для этого требуется не малая сила. Мы сами можем использовать эту силу воды, что мы и делаем, устраивая, например, водяные мельницы и пр.

Таким путем под влиянием солнечной теплоты совершается непрерывный круговорот воды. Она поднимается в виде паров в воздух, выпадает оттуда обратно, стекает, вновь испаряется и т. д., и все это движение производит опять-таки солнце, или его теплота.

II. СИЛА, РАБОТА И ЭНЕРГИЯ.

Остановимся теперь на таком вопросе. Мы говорили, что ветер и вода обладают силой. Это как будто понятно для всякого с первого раза. Трудно подыскать другое слово, которое мы так часто употребляли бы, как слово „сила“. Нет спора, слово очень знакомое, но так ли уж хорошо и ясно представляют все его значение?

Попробуем разобраться в этом более внимательно. Это необходимо для понимания основного вопроса --- вопроса об энергии.

Что такое сила? Разберем сначала несколько обыкновенных примеров. Лошадь тащит соху или плуг. Лошадь при этом движении испытывает сопротивление, для преодоления которого она должна затратить некоторое усилие; усилие будет тем больше, чем большее лошадь испытывает сопротивление. Или другой пример. Кто-либо тащит на верхний этаж дрова. Чтобы поднять дрова, также необходимо некоторое усилие.

Но очень часто с помощью усилия приходится не только вызывать движение, но и тормозить, задерживать его или изменять его направление. Что делают, например, ребята, катаясь с гор на салазках, если они слишком сильно разогнали? Они упираются ногами в снег, затрачивают некоторое усилие и тем задержи-

вают движение салазок. Или, умело работая ногами и руками, они поворачивают салазки и изменяют направление. И в этом случае приходится применять некоторую силу.

Если мы внимательно приглядимся к тому, что происходит вокруг нас, то мы везде можем наблюдать, как возникают одни движения и задерживаются другие, как изменяются направления этих движений. Ветер вертит крылья мельницы, гонит облака и поднимает столбы пыли; но тот же ветер задерживает движение человека, поезда и т. д. Не существует труда, где не требовалось бы применения хоть небольшой силы.

Но что следует понимать под силой и ее действием?

Надо думать, что впервые человек получил представление о силе во время своей работы. При всякой работе приходится напрягаться и делать некоторое усилие. Человек легче всего мог почувствовать и узнать наиболее близкую ему силу — силу собственного тела, своих рук и т. д. Когда же мы говорим теперь о действии силы, то мы должны понимать, что здесь речь идет по существу о передаче одного движения другому. Движение ветра передается крыльям мельницы, движение воды передается водяному колесу и т. д. Но не везде и не всегда с первого же раза бывает заметна такая передача движения. Поэтому практически удобнее говорить о силах и их действии, и мы говорим о силе ветра, текущей воды, пара и т. д. *Силой же называют все то, что вызывает движение какого-либо предмета или задерживает и изменяет движение уже существующее.*

Но можно указать случаи, где такое определение как будто не годится. Предположим, например, что какой-нибудь смелый человек решится поднять чугунную

болванку, килограммов восемьсот (около пятидесяти пудов) весом. Он может, как говорят, „поднатужиться“, напрячь все свои силы, но поднять—наверняка не поднимет. Человеческой силе противопоставляется в данном случае сила тяжести болванки. Сила человеческая с избытком уравнивается силой тяжести болванки, и мы не замечаем ее действия.

Что такое работа и ее мощность? Чтобы произвести заметное изменение, сила должна сдвинуть предмет, переместить его, и притом в направлении, в котором действует сама сила, или затормозить его движение. Паровоз, например, движет по ровному месту вагоны, лошадь везет воз; сила здесь производит движение. При быстром же движении под гору паровоз и лошадь затрачивают некоторую силу, чтобы уже затормозить, уменьшить движение.

Таким образом, *когда под влиянием силы предмет перемещается или уже существующее его движение задерживается, говорят, что сила совершает работу.*

Следует при этом заметить, что иногда то, что в науке называется работой, в обыденной жизни за работу не считается. Например, человек поел, снял сапоги и ложится отдыхать. Работы как будто здесь нет. Но во время еды приходится поднимать пищу; на это надо употребить некоторое усилие, хотя бы и небольшое, почти незаметное. Усилия же эти требуют затраты работы. Чтобы снять сапоги, нужна также работа для преодоления трения; и, наконец, когда человек лег отдыхать, внутри его тела все время совершается работа: сердце затрачивает очень большую работу на проталкивание крови по всему телу; поднимается и опускается грудная клетка; проталкивается и переваривается пища

в желудке, кишках и т. д. Словом, можно сказать, что и при полном покое, даже во сне, в человеческом теле не прекращается работа.

В различных случаях работа может быть, конечно, различна. Необходимо поэтому условиться о том, как сравнивать различные работы и как работу измерять. Надо установить некоторую единицу работы. Воспользуемся для этой цели таким приспособлением.

Помощью блока гирию в один килограмм можно поднять на высоту одного метра. Затраченная на это работа называется *килограммометром* и принята за единицу. Можно поднять эту же гирию на высоту вдвое большую, или поднять на ту же высоту гирию в два килограмма. Работа в обоих случаях будет равна двум килограммометрам. Работа будет тем больше, чем больше приложенная сила и длина пройденного под ее действием пути.

В Москве на заводе „Сerp и Молот“ есть паровой молот дляковки стальных предметов. Бабу этого молота весом 500 килограммов (около 31 пуда) поднимают при ковке на высоту полуметра. Чтобы определить работу, необходимую для такого подъема, надо величину силы умножить на пройденный путь по направлению действия силы. Эта работа будет равна 250 килограммометрам ($500 \times \frac{1}{2} = 250$).

Но далеко не при всякой работе необходимо бывает поднимать груз. Часто приходится, например, передвигать предметы. И в этом случае работа будет равна величине силы, помноженной на путь. Иногда, конечно, бывает не так легко измерить ту или иную работу. Но какая бы работа ни производилась, ее можно измерить, если удастся определить величину силы и длину перемещения.

Мы выяснили, что надо понимать под работой, и установили единицу измерения работы. Но в практике чаще всего бывает важно знать не только величину какой-нибудь работы, но и то время, в течение которого эта работа совершается. Возьмем такой пример: десятину пашни можно вспахать сохой и трактором. Но трактором, понятно, это можно сделать гораздо быстрее. О всякой машине и двигателе мы судим по работе, производимой ими в определенное время. Ведь, и муравей может перетащить столько же, сколько за раз поднимет человек. Но в какое время он это проделает! Поэтому условились говорить о работе, совершающейся в единицу времени, т.-е. в секунду. Такая работа в течение одной секунды называется *мощностью*.

Для сравнения между собой разных мощностей установлена единица мощности, называемая *лошадиной силой*. Мощность в одну лошадиную силу есть такая работа в течение секунды, которая равна 75 килограммометрам. Это значит, что при мощности в одну лошадиную силу можно поднять один килограмм на высоту 75 метров, или 75 килограммов на высоту одного метра, или 5 килограммов на высоту 15 метров и т. д.

Единица мощности названа лошадиной силой. Но надо сказать, что только наиболее сильные лошади, и притом в течение непродолжительного времени, могут работать с такой мощностью. Лошади же средней силы развивают мощность, равную приблизительно двум третям лошадиной силы. Подобное несоответствие создалось таким образом.

Рост промышленности (особенно в Англии) в конце XVII и начала XVIII века вызвал потребность в создании такого двигателя, мощность которого можно было бы

увеличивать до желаемых размеров и работа которого совершалась бы равномерно, без перебоев, подчиняясь только воле человека. Существовавшие до этого двигатели (ветряные, водяные и животные двигатели) не могли удовлетворить этим условиям. Эта задача была разрешена лишь с появлением парового двигателя.

Многие изобретатели настойчиво добивались разрешения этого вопроса. Наконец, англичанину Ньюкомену удалось в 1705 году построить паровую машину, которая была уже пригодна для практических применений. Позднее ее усовершенствовал Уатт (также англичанин) и в конце XVIII века паровой двигатель быстро завоевал промышленность.

Когда впервые промышленникам было предложено заменить работу живых двигателей (лошадей) работой паровой машины, они, естественно, ставили вопрос: сколько лошадей может заменить такая машина. И для сравнения они брали наиболее сильную английскую лошадь. При этом так и говорили: такая-то машина может заменить столько-то лошадей, или что эта машина имеет мощность в столько-то лошадиных сил. Как оказалось при этом, наиболее сильная лошадь, и притом при напряженной работе, развивает мощность, равную приблизительно 75 килограммометрам. Такая мощность и была принята за единицу.

Мощность человека равна в среднем одной десятой лошадиной силы. Мощность некоторых современных машин измеряется десятками тысяч лошадиных сил. При этом следует, конечно, учитывать и те удобства в отношении ухода и охраны, которые получаются при замене одной машиной большого количества лошадей. На рис. 3, например, изображены живой двигатель (лошадь), мощностью в одну лошадиную силу, и двигатель в 500 лошадиных сил.

Что такое энергия? Теперь мы выяснили, что представляет собою работа. Когда какой-либо предмет производит ту или иную работу, мы говорим, что он обладает способностью работать. *Способность производить работу и называется энергией.* Лошадь может

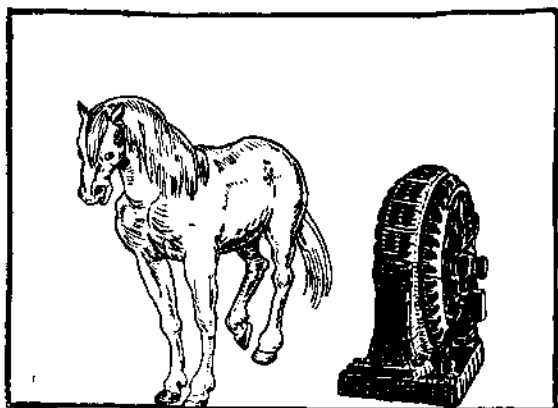


Рис. 3. Лошадь и двигатель в 500 лошадиных сил.

вести воз, паровоз тащить состав, подъемный кран поднимать тяжесть и т. д. Все они способны совершать работу, обладают энергией.

В дальнейшем нам и предстоит ознакомиться с теми видами энергии, которые существуют в природе.

III. ЭНЕРГИЯ В СКРЫТОЙ И ЯВНОЙ ФОРМЕ.

Начнем опять с какого-нибудь примера. Пусть на высоком месте в горах есть озеро, из которого можно подвести воду к обрыву, где вода будет падать с высоты 10 метров. Мы будем иметь маленький водопад. У края озера, где падает вода, пристроим блок и перекинем через него веревку. На одном конце веревки, внизу привяжем гирю, весом в 10 килограммов. А на другом конце, вверху, где падает вода, привяжем большое ведро, которое с водой весило бы несколько больше гири. Если колесо блока хорошо смазано и вес веревки небольшой, то, как только ведро нальется водой, оно начнет опускаться и поднимать вместе с этим гирю. И когда ведро опустится до самого низа, гиря будет находиться вверху.

Вода в данном случае производит работу. Поэтому мы можем сказать, что она обладает энергией. Но, спрашивается, при каких условиях вода могла произвести такую работу? Не трудно видеть, что все зависит здесь оттого, что вода (в ведре) может падать или опускаться с некоторой высоты, с некоторого более высокого уровня на более низкий. Если бы этого не было, нельзя было бы получить от озера работы. И можно встретить много озер, которые расположены в равнине, и вода которых не может производить подобной работы. Вода же горного озера обладает

энергией, обладает способностью производить работу, благодаря, следовательно, своему положению. Такая энергия и называется *энергией положения*. Такая энергия иначе называется еще *потенциальной*, т. е. такой, которая пока ничем себя не проявляет, но может проявить.

Мы указали, что ведро с водой должно быть несколько тяжелее гири. Но чем лучше работает блок и чем легче веревка, тем меньше может быть эта разница в весе. При хороших условиях вес ведра может быть почти равен весу гири. Но только почти. Часть работы при подъеме гири всегда будет уходить на преодоление трения блока и веревки о блок и на подъем самой веревки. Для подъема же гири определенного веса (в данном случае в 10 килограммов) требуется такое же количество по весу воды. 10 килограммов воды на расстоянии 10 метров произведут работу в $(10 \times 10 = 100)$ 100 килограммометров и поднимут при этом гирю на высоту в 10 метров. Если же дать гире упасть обратно вниз, то она при своем падении также произведет работу, равную 100 килограммометрам.

Пока вода только находилась в озере и оттуда не выливалась, она обладала запасом энергии положений. Когда же вода налилась в ведро и стала опускаться, эта энергия обнаружилась в форме работы: вода поднимала гирю. В таком случае говорят, что энергия положения, находившаяся в скрытом состоянии, перешла в *энергию движения*, которую можно наблюдать по ее работе. Иначе эту энергию называют *кинетической* энергией, что значит то же самое — энергия движения.

Но вот вода опустилась вниз, ее энергия движения исчерпалась, но взамен этого имеется поднятая гиря,

которая обладает теперь, в свою очередь, энергией положения.

Мы наблюдаем здесь, как энергия положения воды озера превратилась в энергию движения опускающегося ведра с водой и как эта энергия движения вновь превратилась в энергию положения поднятой гири. Но энергия эта никуда не пропала, не израсходовалась, за исключением той части, которая затратилась на трение и на подъем веревки. Если не было бы трения и веревка не обладала бы тяжестью, вся энергия положения целиком превратилась бы в энергию движения и затем обратно в энергию положения. На практике таких условий достигнуть невозможно, и часть энергии всегда в таких случаях расходуется для нас непроизводительно.

Мы могли наблюдать здесь энергию то в скрытой, то в явной форме. То же самое бывает и в других случаях, когда мы наблюдаем тот или иной вид энергии.

100-100000



IV. ТЕПЛОТА.

В прошлой главе мы разбирали пример с падающей водой. При своем падении вода могла поднять, как мы выяснили, гирию, которая должна после этого обладать некоторым запасом энергии положения. Эта энергия находится в скрытом виде. Но вот мы отвязываем веревку и даем гире упасть. Тогда скрытая энергия гири вновь проявляется в виде работы. Падающая гиря может, например, вбить на некоторое расстояние в землю подставленный под нее кол. Если же гиря просто упадет на землю, то она не произведет никакой видимой работы, и запасенная при ее подъеме энергия как будто пропадет. Куда девалась эта энергия? Исчезла?

Присмотримся к этому поближе.

Вспомним, что если, например, при заклепывании железных листов сильно ударять по железу, то и молоток и железо заметно нагреваются. То же происходит и при всяком трении. Попробуйте взять с токарного станка металлические стружки, только что полученные от обтачивания, и вы их сразу бросите; так сильно они нагрелись. Следовательно, при ударе и трении получается теплота; и механическая работа, производящая удар и трение, не пропадает и не исчезает, а превращается в теплоту. В случае удара от падающей гири часть работы уходит на сжатие земли и часть на ее нагревание. Правда, здесь уже не так легко заме-

тить, что получается теплота, но сделать это можно, пользуясь специальными приборами.

Железо, следовательно, нагревается при ударе по нем молотком. Энергия движущегося молотка превратилась в теплоту. Но что это значит: железо нагрелось, оно стало теплым? И как понять теплоту?

Можно предполагать, что удары молотка как-то действовали на железо, что внутри железа что-то происходило от этих ударов. Чтобы ответить на это, надо разобраться, как построено железо, из чего оно состоит и как вообще построено всякое вещество.

Как устроено вещество? Еще в глубокой древности задавались вопросами, состоят ли все предметы сплошь из вещества, или вещество состоит как бы из зерен, имеет некоторые промежутки, хотя бы и настолько мелкие, что их не видно глазом. Многие факты наводили на этот вопрос. Заполняет ли, например, вода все пространство, или она состоит из отдельных очень мелких частичек, между которыми есть пустые промежутки. Ответ напрашивается как будто такой, что вода заполняет занимаемое ею пространство сплошь. Но не будем спешить с ответом. Поставим лучше другой вопрос.

Как можно представить себе испарение воды? Если допустить на минуту, что вода состоит из отдельных частиц, то можно дать такое объяснение: некоторые из этих частиц отрываются от поверхности воды и попадают в воздух; за ними отрываются следующие, и так происходит до тех пор, пока эти частицы не улетят все, другими словами, пока не испарится вся вода.

Дальше, как объяснить сжимаемость всех веществ? Легче всего сжимаются газы, т.-е. вещества, похожие на воздух. Гораздо труднее и меньше сжимаются жидкости, но и они сжимаются. Совсем мало и только под

очень большим давлением можно сжать твердое вещество. Как объяснить это явление?

Если думать, что всякое вещество занимает сплошь все пространство без промежутков и без пустот, то трудно найти этому объяснение. Но это можно сделать, если допустить, что между отдельными частицами вещества есть промежутки. При сжатии газа, жидкости или твердого вещества частицы их сближаются и уплотняются.

Существуют и другие явления, которые заставляют думать, что любое вещество не заполняет сплошь занимаемого им пространства.

Можно проделать несложный, но довольно любопытный опыт. Смешаем 50 стаканов спирта и 50 стаканов воды. После смешения получится, как это ни странно на первый взгляд, не 100 стаканов смеси, а несколько меньше, около 96 стаканов. При этом, конечно, ни спирт, ни вода не расплескивались, и за короткий промежуток опыта их не могло столько испариться. Общий объем спирта и воды мог уменьшиться только в том случае, если спирт и вода состоят из частиц, разделенных промежутками, а не заполняют пространства сплошь. Это сжатие можно пояснить более наглядно на таком примере. Если смешать меру гороха с мерой проса, то получится несколько меньше двух мер. В примере с водой и спиртом мы должны допустить, что частицы воды и спирта различны по своей величине и при смешении жидкостей мелкие частицы располагаются среди более крупных.

Наконец, мы сами можем делить вещество на очень мелкие части. Вот еще довольно простой опыт с краской фуксином. Кристаллики фуксина растворяются в воде, а еще лучше в спирте. Возьмем маленький

кристаллик фуксина величиною с булавочную головку и станем растворять его в воде. Если такой кристаллик растворить в 100 литрах воды, раствор будет еще заметно окрашен. 100 литров объема составляют 100 тысяч куб. сантиметров, или 100 миллионов куб. миллиметров. Следовательно, в каждом куб. миллиметре раствора есть частицы фуксина, которые и окрашивают жидкость. Другими словами, кусочек фуксина величиной с булавочную головку распространился по всем 100 миллионам куб. миллиметров воды. И в каждом миллиметре содержится одна стомиллионная часть фуксина. Надо представить, насколько мелки должны быть эти частицы.

Наши органы чувств: глаза, нос и пр., иногда в состоянии воспринимать воздействие мельчайших количеств вещества. Наш нос, например, является в этом отношении довольно чувствительным прибором. Есть некоторые пахучие вещества, присутствие которых можно определить по запаху, если эти вещества будут находиться в комнате средних размеров в количестве только одной стомиллионной части миллиграмма.

Таковы некоторые из фактов, которые заставляют принять, что всякое вещество состоит из отдельных частиц. Эти частицы принято называть *молекулами*. Молекулы, как показал опыт, состоят из более мелких частиц — *атомов*, атомы из *электронов*. Отдельные молекулы, а тем более атомы и электроны настолько малы, что мы не можем их видеть даже в лучшие наши приборы. Но все новые явления, появляющиеся до сих пор в науке, позволяют все с большей и большей уверенностью говорить о таком зернистом строении вещества.¹

¹ Подробнее об этом можно прочесть в другой книжке „Книжной полки рабочего“: Б. Андреев. *Вещество, его превращения и строение*. Гиз, 1926 г.

Частицы вещества, как показывает опыт, не находятся в спокойном, неподвижном состоянии. Они колеблются, движутся. Известно, что газы распространяются в пространстве, стремятся занять как можно больший объем, и их необходимо держать поэтому в закрытой посуде.

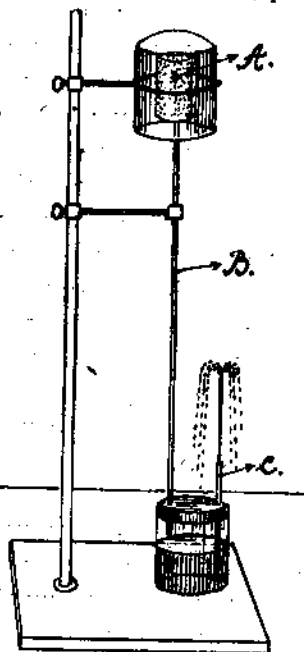


Рис. 4. Водяной фонтан, как результат движения молекул.

Газы, как и все вещества, состоят из молекул. И движение этих молекул хорошо изучать на газах. Молекулы газов находятся в постоянном движении, они налетают одна на другую, сталкиваются между собой, ударяются и вновь разлетаются в разные стороны. Если мы могли бы наблюдать отдельные молекулы газа, мы увидели бы страшный беспорядок и хаос.

Можно и должно задать такой вопрос. Если нельзя видеть отдельных частиц газа, то нельзя ли наблюдать каким-нибудь другим путем их движение?

Чтобы наблюдать результат движения молекул, например, газа, разберемся в таком опыте.

На рис. 4 изображен прибор, верхняя часть которого А представляет собою цилиндр из необожженной глины. В таком цилиндре есть масса мелких, незаметных для глаз, отверстий. Вниз от цилиндра идет стеклянная трубка В, проходит через пробку, которой закрыта нижняя банка, внутрь, но не касается жидкости. На другой стороне

пробки вставлена доходящая почти до дна банки узенькая трубка С, верхний конец которой слегка оттянут. В банке налита вода. Внутри глиняного цилиндра, в стеклянных трубках и над поверхностью воды в банке находится воздух.

Если накрыть глиняный цилиндр стеклянным стаканом и под этот стакан пустить водород—газ более легкий, чем воздух, то через некоторое время из трубки С начнет бить фонтан.

В чем здесь дело? Как объяснить этот опыт?

До того момента, пока не был пущен водород, в нашем приборе и вокруг него находился воздух. Молекулы воздуха движутся, они могут снаружи проникать через отверстия глиняного цилиндра внутрь его, могут попадать через трубку в банку с водой. Те же молекулы воздуха, которые находятся внутри прибора, этим же путем могут вылетать наружу. Такое движение все время происходит, хотя мы его и не замечаем. Но вот под стеклянный стакан пущен водород, молекулы которого более подвижны, чем молекулы воздуха. Эти молекулы водорода могут проникнуть внутрь цилиндра в большем количестве и скорее, чем находящиеся в приборе молекулы воздуха выйти наружу. Внутри цилиндра должно получиться некоторое скопление газов. Молекулы их будут проникать в банку с водой, производить на эту воду давление, заставляя ее подниматься по узкой трубке и даже бить фонтаном.

Так можем мы объяснить наш опыт, и этот опыт, в свою очередь, может служить подтверждением того, что молекулы газов действительно движутся.

Движутся, как удалось установить, не только молекулы газов, но и молекулы жидкостей и твердых веществ.

Что такое теплота? Раньше мы поставили вопрос о том, что происходит с железом, которое нагревается при ударе по нем молотком? Для этого необходимо было разобраться во внутреннем строении вещества. Теперь этот же вопрос можно поставить в такой форме: что будет происходить с молекулами вещества, когда мы его нагреваем?

Возьмем тонкую стеклянную посуду, нальем ее водой и плотно закупорим пробкой. Станем нагревать. Вода в посуде нагреется, закипит, начнет превращаться в пар, и через некоторое время давление пара вышибет пробку. Что здесь происходит с водой?

Приняв во внимание движение молекул каждого вещества, можно так объяснить изменения, происходящие с водой. Молекулы воды движутся. От нагревания это движение усиливается. Благодаря более быстрому движению больше молекул будет отрываться от поверхности воды и превращаться в пар. Наконец, когда вода закипит, внутри ее будут образовываться пузырьки, и испарение будет происходить не только с поверхности, но и внутри воды. Молекулы пара должны двигаться быстрее молекул воды. Они сильнее и чаще станут сталкиваться между собой, сильнее будут давить на стенки стеклянной посуды и на пробку. Наконец, это давление станет так велико, что оно сможет вышибить пробку.

То же самое, что с водой в стеклянной посуде, происходит, в общем, и в паровой машине. Вода в паровой машине превращается в пар. Пар этот давит на стенки котла и на поршень, приводит его в движение; от поршня это движение можно передать, например, колесу и т. д. Другими словами, теплота способна производить работу. Следовательно, теплота есть энергия.

Отсюда можно сделать еще и такой вывод: скорость молекул от нагревания увеличивается. Увеличивается скорость молекул какого-нибудь вещества, а мы говорим, что ощущаем в веществе больше теплоты. Замедлилось движение молекул, — мы говорим, что предмет похолодел. Теплота не есть, следовательно, какое-то вещество, которое прибавляется к нагреваемому предмету. *Есть только более быстрое или замедленное движение молекул, которое мы воспринимаем как тепло или холод.*

Вернемся еще раз к нашему примеру с молотком и железом. Теперь мы можем сказать: каждый удар молотка приводит в сотрясение, в более быстрое движение молекулы железа и, конечно, самого молотка. Железо и молоток нагреваются. Энергия движущегося молотка не пропадает; она передается отдельным молекулам молотка и железа, заставляет их быстрее двигаться. Механическая работа превращается при этом в теплоту.

Работу всех ударов молотка можно измерять в килограммах. В результате ударов получается некоторое количество теплоты. Но сколько ее будет? Как ее можно сравнить с работой? Для этого необходимо, очевидно, и здесь установить какую-то единицу измерения, единицу теплоты. Иногда в таких случаях можно услышать ответ, что теплоту измеряют в градусах. Как сейчас увидим, здесь путают два различных понятия.

Можно определять на ощупь степень нагретости тела. И это будет только приблизительно. Для более точного измерения температуры употребляют термометр, градусник. Им мы измеряем тепло и холод, измеряем степень нагретости тела.

Но тепло и холод — понятия условные. Обычно мы привыкли считать температуру выше нуля теплом, ниже — холодом. Но, например, в тропических, жарких

странах температура всегда бывает выше нуля. Что там принимать за тепло и что за холод?

По этому поводу существует такой рассказ. Когда-то в старину к сиамскому королю ¹ приехал ученый, который побывал в далеких северных странах. Ученый рассказывал, что он видел там твердую воду; этой водой, по его словам, можно так же утолять жажду, как и жидкой, но она тверда, как камень, и ее можно разбивать на куски.

Король не поверил такому чуду. Он приказал своему слуге поехать в северную страну и привезти оттуда твердой воды. Слуга отправился в путь. В северной стране его приняли за дурака, когда он набрал полный мешок твердой воды, т.е. льда, и поехал обратно домой. Приехал слуга и смущенный явился к королю: мешок промок и стал очень легким. Развязали мешок — он был пуст, твердая вода исчезла. Разгневался король и приказал отрубить слуге голову.

Так и не поверили сиамцы, что может быть твердая вода. Они не знали температуры ниже нуля. Другими словами, они не знали такой степени нагретости вещества, при которой вода замерзает. А сиамцы, конечно, тоже различают тепло и холод.

Температура, таким образом, определяет собой только степень нагретости вещества. Но, зная температуру какого-либо предмета, нельзя еще сказать, сколько пошло тепла, чтобы нагреть его от температуры более низкой до данного состояния, или сколько тепла этот предмет потеряет при своем охлаждении.

Будем нагревать в двух разных посудах воду, имеющую одинаковую температуру, до кипения. Чтобы вскипятить, например, ведро воды и чайник, т.е. нагреть

¹ Сиам находится на юге Азии.

их до одной и той же температуры, потребуется тепла неодинаковое количество. Отсюда видно, что температура не определяет собою количества тепла. Для этого должна быть установлена другая единица измерения.

И вот условно за единицу тепла принято такое его количество, которое нагревает один грамм воды на один градус по термометру Цельзия. Такая условная единица тепла названа *малой калорией*. Употребляется еще *большая калория*. Это такое количество тепла, которое нагревает на один градус Цельзия один килограмм воды, т.-е. 1000 граммов. Большая калория, следовательно, в тысячу раз больше малой.

Но можно не только механическую работу превратить в теплоту, а и обратно — теплоту в работу. Это мы и делаем в наших паровых машинах.

При этом можно попытаться вычислить, сколько килограмметров механической работы получится из определенного количества калорий тепла.

С развитием и распространением паровых машин практические потребности техники выдвинули перед наукой такой вопрос.

Первым, кто считал возможным сравнивать эти две величины — работу и теплоту, — был немецкий врач Роберт Мейер (родился в 1814 г. — умер в 1848 г.), с именем которого мы еще встретимся. Надо сказать, что до него теплота рассматривалась как какое-то невесомое вещество; поэтому казалось нелепым сравнивать теплоту с работой, которая не является веществом; думали, что между работой и теплотой нет ничего общего. Первое время на Мейера и смотрели как на чудака.

Вскоре после него английский ученый и заводчик-пивовар Джауль исследовал на опыте, какое существует отношение между работой и теплотой. Результаты опыта

Джауля несколько разнились от результатов позднейших наблюдений. В результате опытов было установлено, что *при затрате 1 большой калории теплоты получается 427 килограммометров механической работы, и обратно*; иначе можно сказать, что 1 большой калории теплоты соответствует 427 килограммометров механической работы.

Зная это соотношение, можно, казалось бы, рассчитать, сколько получится работы от машины при сжигании определенного количества топлива.

Но на практике далеко не все тепло переходит в полезную для нас работу. При работе паровой машины нагревается котельное помещение, уходит через трубу нагретый дым, много неиспользованного тепла содержит в себе отработанный пар и т. д. Первые паровые машины, о которых мы уже упоминали, были страшно не экономны. Машина Ньюкомена превращала в полезную работу только $\frac{1}{30}$ всего тепла, содержащегося в топливе. Машина Уатта давала уже 1% полезной работы. Но не очень далеко ушли в этом отношении и некоторые из современных паровых двигателей.

Вот один из примеров. Современный паровоз использует всего лишь 5—6% энергии сожженного в нем топлива. Остальные 95% энергии теряются следующим образом:

50% — проходит через машину неиспользованным,

20% — уходит в трубу с дымом,

15% — остается в золе,

10% — теряется через стенки.

Для большей наглядности можно произвести такой расчет. Паровоз скорого поезда на расстоянии от Ленинграда до Москвы сжигает в среднем 13 000 кило-

¹ % — процент составляет одну сотую часть всего количества.

граммов (около 840 пудов) угля. И из всего этого угля лишь немного больше 600 кг (40 пудов) затрачивается на полезную работу движения поезда. Лучшие современные паровые машины используют производительно от 15 до 20% получаемой энергии, или, как говорят, их *коэффициент полезного действия* равен 15—20%.

В конце прошлого века на ряду с паровыми машинами появились так называемые двигатели внутреннего сгорания. В паровой машине топливо горит в специальной топке под паровым котлом, пар из которого приводит уже в движение поршень. В двигателе же внутреннего сгорания топливо сгорает внутри самого цилиндра в жидком и газообразном состоянии. При таком сжигании топлива уменьшается непроизводительная потеря тепла. Кроме того, не затрачивается тепло на предварительное нагревание самого котла, как это бывает в паровых машинах. И коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания вследствие этого выше, чем в паровых машинах: в двигателе внутреннего сгорания он повышается уже до 35%.

Такие двигатели легче паровых машин. Наибольшее распространение эти двигатели получили в применении к мелкому транспорту (автомобили) и авиации. Можно сказать, что только появление и развитие двигателя внутреннего сгорания дало возможность построить летательную машину тяжелее воздуха. И, с другой стороны, на этом примере развития двигателей внутреннего сгорания очень хорошо можно видеть, как практические потребности техники ставили перед наукой определенные задачи. Практические потребности толкали вперед развитие науки.

Теплоту можно получить от удара и трения. Но обычно при топке домашних печей, в паровых машинах,

двигателях внутреннего сгорания теплота получается от сжигания топлива.

Примем во внимание, что в разобранных до сих пор случаях энергия не исчезала, не пропадала, а лишь превращалась в другой вид энергии. Отсюда можно сделать вывод, что если энергия не пропадает, то она, наверное, и не появляется вновь, из ничего.

А если это так, то необходимо поставить вопрос: откуда же в топливе имеется тот запас энергии, который выделяется при его горении.

Необходимо, следовательно, ознакомиться с тем, что представляют собою те виды топлива, которыми мы пользуемся, и как они образуются.

Обычными видами топлива, которыми мы пользуемся, являются солома, дрова, торф, каменный уголь и нефть. Солома, дрова и торф представляют собою остатки растений; каменный уголь, как показали исследования, также получился из растений. Если растение попадает в условия, где нет доступа воздуха, то оно не сгнивает, а только обугливается. Так было и с теми растениями, из которых впоследствии образовался каменный уголь. Да и теперь еще в пластах угля часто попадаются отпечатки листьев, а иногда и целые стволы деревьев. Вопрос о происхождении нефти являлся, да и сейчас является, несколько спорным. Большинство ученых считают в настоящее время нефть переработанными остатками животных и некоторых водных растений.

Следовательно, обычные виды топлива являются остатками растений и животных. И теперь вопрос о присутствии энергии в топливе можно поставить уже в такой форме: откуда получают и запасают энергию растения и животные?

V. ЭНЕРГИЯ В РАСТЕНИЯХ И ЖИВОТНЫХ. ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ.

Чтобы отыскать источник энергии, накапливающейся в растениях, поступим таким образом. Выясним сперва, что представляет собою горение, при котором энергия выделяется, и что происходит при этом с самим веществом. Затем посмотрим, при каких условиях, под влиянием чего создается вещество растений, и откуда берется при этом энергия.

Горение. Что представляет собою горение? Никакое горение, как известно, не может происходить без доступа воздуха. Какую роль играет здесь воздух?

Возьмем банку и опустим в нее горящую свечу. Закроем банку пробкой и станем наблюдать, долго ли прогорит свеча. В банке находится воздух, который, как показывает опыт, состоит, главным образом, из двух газов: *кислорода и азота*. Кислород поддерживает горение, азот не поддерживает. Свеча в банке не догорит до конца, она зачалит и потухнет. Значит с тем воздухом, который находился в банке, произошло какое-то изменение: он не поддерживает больше горения. Если после этого в банку посадить мелкое животное, например, мышь, то она задохнется. Это также доказывает, что с воздухом в банке что-то произошло, потому что обыкновенный воздух дыхание поддерживает.

Что действительно в банке после горения получилось какое-то новое вещество, можно показать таким образом. Разболтаем в воде немного извести, дадим мути отстояться и сольем прозрачный раствор в чистую бутылку. В бутылке у нас будет так называемая „известковая вода“, т.-е. вода, в которой растворено немного извести. До того, как сжечь лучину, нальем такой известковой воды в банку и взболтаем. Мы не заметим в воде никаких изменений, она останется прозрачной. Но нальем в эту же банку воду после горения, и вода замутится. Значит, в банке появился новый газ, которого до этого там не было. Воздух, находившийся в банке и состоящий из кислорода и азота, не мутит воду. Теперь же она мутится.

Газ, производящий помутнение известковой воды, назван *углекислым газом*. Он состоит из угля и кислорода. И известковая вода служит средством для обнаруживания этого газа.

Не образуется ли еще что-нибудь при горении свечи?

Если обратить внимание на внутренность банки, то можно заметить, что стенки банки покрылись после горения свечи влагой. Это доказывает, что при горении свечи, кроме углекислого газа, образуется еще вода.

Свеча состоит из переработанных остатков животных, из органических остатков. Употребляемое нами топливо — солома, торф, дрова, уголь и нефть — тоже, как мы видели, органического происхождения. При их горении, как и при горении свечи, образуются, главным образом, углекислый газ и вода. Кроме этого, от горения органического вещества могут получиться и еще некоторые вещества, но в крайне незначительном количестве.

Если воздух своим кислородом поддерживает горение, кислород же смешан в воздухе с азотом, то, естественно,

возникает вопрос: как будет происходить горение в чистом кислороде? Опыты с горением в чистом кислороде показывают, что такое горение происходит с гораздо большей силой, чем в воздухе. Тлеющий уголек или лучина, если их внести в банку с кислородом, тотчас вспыхивают. И даже раскаленная с конца тонкая железная проволока сгорает в кислороде, рассыпая яркие искры. Это еще раз доказывает, что кислород является тем газом, который необходим для горения, который поддерживает это горение. Само же горение представляет собою соединение горящего вещества или некоторых его частей с кислородом. В результате горения появляются новые вещества. Железная проволока превращается в окалину, в ржавчину; от сгорания органических веществ получаются, как мы видели, углекислый газ и вода. Наконец, при горении, как известно, выделяется тепло и свет, выделяется, другими словами, энергия.

Дыхание и гниение. Возьмем теперь еще раз прозрачную известковую воду и подышим в нее, как указано на рис. 5. Через некоторое время вода замутилась. Что это значит?

Помутнение известковой воды является, как мы только что видели, средством для открытия углекислого газа. И теперь мы должны сделать вывод, что, раз вода от дыхания замутилась, значит, при дыхании выделяется



Рис. 5. Выдыхание воздуха через известковую воду.

углекислый газ. То же было и при горении. Нет ли здесь чего общего?

При горении, например, свечи, кроме углекислого газа, выделялись водяные пары. Но водяные пары выделяются и при дыхании. На холоду они сгущаются, и мы наблюдаем, как из нашего рта выделяются клубы пара. Далее, при горении выделяется тепло. При дыхании труднее непосредственно заметить выделение тепла. Но мы знаем, что в нашем теле выделяется тепло, поддерживающее постоянную температуру. Когда мы вдыхаем воздух, то находящийся в нем кислород проникает в легкие, разносится с кровью по всему телу и медленно соединяется с органическим веществом нашего тела или тела животного. При таком соединении происходит выделение тепла. Из этого можно заключить, что дыхание похоже на горение, но происходит оно более медленно и притом без пламени.

При гниении, когда сложное органическое вещество животного или растения распадается на более простые части, также происходит соединение с кислородом и выделение тепла. Гниение есть также как бы медленное горение.

Роль растений в дыхании и горении. От дыхания людей и животных, от горения топлива в печах домов, фабрик и заводов портится воздух. Поглощается кислород и выделяется, негодный для горения и для дыхания, углекислый газ. Но мы не замечаем при этом каких-либо перемен в составе воздуха. Надо, следовательно, полагать, что где-то в другом месте этот углекислый газ должен уничтожаться, разлагаться, кислород же, наоборот, вновь возвращаться в воздух. Где происходит это очищение воздуха от углекислого газа?

И тут приходится вспомнить о растениях. Ведь там, где много зелени, там особенно чист воздух. Почему так?

Посмотрим, как живет растение. Дышит ли оно, как и животное, т.-е. поглощает ли кислород? Опыт говорит: да, растение дышит, поглощает кислород? и выделяет углекислый газ. Но на ряду с этим в растениях происходит и другой процесс.

Вспомним о той банке с воздухом, в которой мы сжигали свечу. После того, как свеча потухла, в банке образовался углекислый газ, и мышь задохлась в этом газе. Прделаем теперь такой опыт. В банку, закрытую колпаком, нальем воды, и под колпаком на пробке станем сжигать свечу. Как только свеча погаснет и образуется углекислый газ, внесем осторожно в банку свежую ветку растения. Оставим на несколько дней банку на свету. Растение не погибнет и будет даже развиваться. Если после этого в банку внести мышь, она не задохнется, а лучина вновь будет гореть. Воздух, следовательно, снова поддерживает горение и дыхание, в нем снова появился кислород; углекислый же газ куда-то израсходовался. Невольно возникает мысль, что между затратой углекислого газа и появлением кислорода существует определенная связь, что кислород образовался из того углекислого газа, который до этого был в банке. Более тщательные наблюдения убеждают, что это действительно так. Эти же наблюдения показывают, что разложение углекислого газа происходит лишь в определенных частях растений: в их зеленых листьях.

Но при образовании углекислого газа, т.-е. при горении и при дыхании, выделяется теплота, выделяется энергия. Молекулы и атомы угля и кислорода при своем соединении выделяют некоторое количество энергии. Чтобы

вновь выделить из углекислого газа кислород и уголь, чтобы „разорвать“ их соединившиеся атомы, необходимо затратить энергию. Откуда же берется эта энергия в зеленых частях растений?

Разложение углекислого газа происходит только на свету. Для такого разложения необходимы, очевидно, солнечные лучи. Лучи солнца и должны обладать запасом энергии.

Что солнечные лучи несут с собой энергию, хотя бы в виде тепла, это известно. И разложение углекислого газа сводится к следующему: зеленые листья растений поглощают из воздуха углекислый газ; проникающий в лист солнечный луч разлагает этот углекислый газ на кислород и уголь. Кислород уходит обратно в воздух, уголь же остается в растении и служит одним из главных материалов для построения последнего.

В растениях, как теперь видно, происходит процесс, обратный тому, который мы наблюдали при горении и при дыхании животных и человека. При горении и дыхании поглощается кислород воздуха, в результате чего образуется углекислый газ, неспособный поддерживать горение и дыхание. В растениях же при помощи солнечного луча углекислый газ разлагается на свои составные части, и кислород вновь возвращается в воздух. Получается как бы круговорот кислорода. Часть его затрачивается при горении и дыхании, связывается с углем, в растениях же он освобождается, снова возвращается в воздух и т. д.

При этом происходит постоянное поглощение солнечной энергии. Луч как бы затухает в листе, его энергия затрачивается на работу разложения углекислого газа. Энергия эта запасается, откладывается в растении; растение как бы „заряжается“ энергией солнечного луча.

Мы в состоянии теперь ответить на поставленный раньше вопрос, откуда берется энергия в том растительном топливе, которым мы пользуемся при горении.

При сжигании топлива освобождается та энергия, которая была запасена растением от солнечных лучей.

Хорошо ли растения используют солнечную энергию? Как мы видели на примере с паровой машиной, нам удастся использовать далеко не всю ту энергию, которая в виде тепла получается при горении топлива. Интересно знать, как обстоит дело в этом отношении у растений, какое количество энергии солнечных лучей ими используется.

При сжигании растения выделяется некоторое количество тепла. Можно учесть эту тепловую энергию в калориях. Нам известно, с другой стороны, что энергия растений получается из солнечных лучей, энергию которых мы также в состоянии учесть. Предположим, что, сжигая какое-либо растение, мы получим 100 калорий тепла. Мы должны допустить, что на образование этого тепла в растении должно было затратиться, по крайней мере, такое же количество солнечной энергии. Но мы уже заранее можем предположить, что не вся солнечная энергия, попадающая на растение, поглощается и используется им. О количестве используемой растением энергии можно судить по тому, сколько углекислого газа выделяется растением.

Опыты, сделанные в этом отношении, показывают, что растения затрачивают на разложение от $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{50}$ всей получаемой энергии. В наиболее благоприятных случаях эта цифра может доходить до $\frac{1}{30}$.

Искусственное использование энергии солнца. В связи с этим интересно отметить те попытки, которые

делались в области непосредственного использования солнечного тепла. Количество энергии, получаемой землей от солнца, колоссально. При этом на долю земли, по объему в 1300 000 раз меньшей по сравнению с солнцем и отстоящей от него на расстоянии около 150 миллионов километров, приходится, естественно, ничтожно малая часть всей энергии, излучаемой солнцем. На долю земли приходится около одной десятимиллиардной части. Подсчет общего количества энергии, получаемой землей от солнца, представляет значительные трудности. Но даже приблизительные цифры, получающиеся при этом подсчете, превосходят всякое воображение.

Для большей ясности можно сделать такое сравнение: во всем мире в течение года потребляется свыше 1½ миллиарда тонн каменного угля. Количество тепла, освобождающегося при его сгорании, приблизительно в 500 000 раз меньше той энергии, которая получается землей от солнца в течение одной минуты.

Мысль о непосредственном использовании солнечного тепла не нова, но осуществление ее встречалось с большими техническими трудностями. Предлагались многочисленные проекты. Мы остановимся на некоторых из них, получивших свое осуществление. Наиболее известны солнечные двигатели, построенные двумя изобретателями — французом Мушо в 1871 году и шведом Эриксоном в 1883 году.

Оба двигателя действовали паром из небольшого котла, на который направлялись концентрированные солнечные лучи. Чтобы довести воду до кипения и получить пар, необходимо значительное количество теплоты, для чего на паровике нужно сосредоточить как можно больше солнечных лучей. Мушо и Эриксон

воспользовались для этой цели большими отражательными зеркалами, которые двигались за солнцем при помощи часового механизма.

Несколько иной системы двигатель был предложен американским инженером Шуманом. В приемах задержания солнечных лучей Шуман старался подражать растениям. Дело в том, что при использовании солнечной энергии необходимо собирать теплоту от падающих на большое пространство лучей. Растения в этом отношении представляют весьма совершенный прибор. Достаточно взглянуть на луг, покрытый травой, чтобы увидеть, как экономно используется каждый клочок земли. Подсчеты показывают, что, например, вся поверхность клевера в 26 раз превосходит занимаемую им площадь земли. Люцерна дает еще большую цифру: десятина люцерны представляет для поглощения лучей зеленую поверхность уже в 85 десятин.

Подражать в этом растениям — далеко не простая задача. Но Шуман решил, что, подражая растениям, можно легче всего добиться хороших результатов. В его установке зеркала не поднимаются высоко над землей, а устилают поверхность, подобно ползучим растениям. Шуман построил несколько таких солнечных установок в Египте и Америке. Мощность некоторых установок достигает 100 лошадиных сил при общей площади зеркал в 900 кв. метров.

Пока что все эти попытки создать солнечный двигатель не получили широкого распространения. Экономически такие двигатели в состоянии конкурировать с обычными двигателями лишь в местностях с высокой стоимостью топлива; и, кроме этого, их установка целесообразна в странах, где за год при ясной погоде получается от солнца сравнительно большое количество тепла.

Пища — источник энергии человека и животных. Посмотрим теперь, что может происходить с растением, а, следовательно, и с той энергией, которая в нем запасена, после того, как растение погибает. Одни из растений отмирают и погибают, они разлагаются и, если это происходит на поверхности земли, сгнивают, т.-е. медленно сгорают. Во время такого медленного горения происходит постоянное выделение тепла, и это тепло рассеивается в окружающем пространстве. Когда же погибшие растения попадают в условия без доступа воздуха, они до конца не разлагаются и образуют залежи горючего материала, как это можно видеть на примере каменного угля.

Другие из растений служат пищей для животных, которые их поедают. Растение переваривается и превращается в вещества тела животного. Само это животное, питающееся растительной пищей, в свою очередь, может послужить пищей для животного нетравоядного или для человека. Все тело травоядного животного образуется только из поедаемых им растений; тело животного плотоядного образуется, значит, в конечном счете тоже из растений.

Нам теперь важно выяснить судьбу той энергии, которая накопилась еще в живом растении.

Внешняя работа, производимая животным и человеком, и работа его внутренних органов (например, сердца) зависит от количества и качества той пищи, которой данное животное или человек питается.

Роль пищи в организме животного двоякая: с одной стороны, переваренная и усвоенная организмом пища идет на построение тела самого животного; с другой же стороны, скрытая и запасенная энергия пищи производит указанную работу организма. Мы уже говорили, что

дыхание есть медленное горение органических веществ внутри животного. При таком горении, как и при всяком горении, часть энергии выделяется в виде тепла. Другая же часть идет на производство внутренней и внешней работы. Если при этом убыль органического вещества тела не покрывается новым притоком пищи, то дальнейшая работа происходит за счет все большего разрушения самого тела животного. Равновесие нарушается, животное худеет.

Количество энергии, содержащейся в той или иной пище, определяется в специальных приборах. Пища в них сжигается, и энергия, выделяющаяся в виде тепла, определяется в калориях.¹

Можно попытаться определить соотношение между энергией, заключающейся в поедаемой животным пище, и той работой, которую животное производит. Для этого необходимо, очевидно, выяснить два обстоятельства: во-первых, определить количество пищи и тем самым энергии, необходимой только для работы внутренних органов, так, чтобы организм поддерживался все время в нормальном состоянии; во-вторых, заставив организм производить определенную работу, которую можно было бы измерить, сравнить эту работу с количеством энергии, заключенной в той добавке пищи, которая при этом потребуется.

Такие опыты производились. Опишем здесь один из них — опыт американского ученого Этуотера. Опыт производился следующим образом. Была устроена комната, стенки которой сделаны из меди. Комната была окружена особыми оболочками, чтобы предохранить потерю тепла во внешнее пространство. В такую ком-

¹ Поэтому такие приборы называются калориметрами.

нату помещался человек. Через специально устроенную дверь ему подавали туда еду. В комнату все время пропускали свежий воздух и определяли, сколько человек выделяет за сутки углекислого газа, испражнений и мочи. Специальными приборами определяли при этом количество выделяемой за это время организмом человека теплоты.

Затем определялось, какое количество пищи необходимо для поддержания организма в равновесии, если он не производит никакой работы. Опыт в этом отношении показал, что среднему нормальному организму, при отсутствии всякой работы, необходимо вводить в течение суток энергии в количестве около 2300 больших калорий. При этом принимали во внимание и исключали ту энергию, которая остается в неусвоенных организмом твердых испражнениях и моче.

В комнате находился подвешенный велосипед, соединенный с динамомашинной. Лицо, над которым производили наблюдения, садилось на велосипед и приводило в движение динамомашину. Таким путем можно было измерять производимую им работу. Результаты опыта показали, что количество энергии, получаемой организмом, почти в точности совпадает с количеством отдаваемой им энергии. Надо, конечно, учитывать все трудности в подобных наблюдениях.

Таким образом, и в человеческом организме получаемая им энергия переходит из одного вида в другой, но не пропадает. В настоящее время приспособления, подобные описанному, устраиваются и для животных — быков, лошадей и пр. Как показывает опыт, и в организме животных энергия также не пропадает, а лишь превращается из одного вида в другой.

Делались, между прочим, опыты с целью установить, какая часть всей энергии, за вычетом, того, что идет

на поддержание организма в равновесии, превращается в механическую работу мышц. В среднем в работу превращается от 13 до 20 процентов затрачиваемой энергии. Большое значение при этом имеет, как оказалось, умение работать, не производить лишних нецелесообразных движений и т. д. Нет сомнения, что и умственная деятельность человека, как и всякая работа, требует затраты энергии, пополняемой за счет новых запасов, содержащихся в пище. Но нам до сих пор неизвестно, как эта работа совершается. Еще не изучены те процессы, происходящие в мозгу и нервах, с которыми связана умственная работа, или точнее, результатом которых она является.

Поэтому часто и до сих пор мы недостаточно точно употребляем слово энергия в применении к умственной деятельности человека. Известный немецкий физик Блицман приводит в этом отношении такой пример. Представим, что на крупном предприятии работает хороший организатор. Он все делает точно, вовремя, отдает короткие приказания, не горячится и одним своим спокойным видом как бы заражает к работе. Он тратит мало энергии. И другой тип организатора: постоянно волнуется, отдает непродуманные приказания, уговаривает, ругает и т. д., но дело не клеится. Он тратит гораздо больше энергии, чем первый. Но, несмотря на это, такого человека не принято называть энергичным.

Из приведенных фактов следует, что организм животных получает необходимую для него энергию в съедаемой им пище. В самом же начале эта энергия накапливалась в растении от солнца. И в этом смысле наша пища, по выражению известного русского ученого К. А. Тимирязева, есть „консерв солнечных лучей“.

Что такое химическая энергия? При всяком горении на ряду с выделением теплоты можно наблюдать и изменение состава тех веществ, которые принимают в этом участие. Так, вещество свечи, соединяясь с кислородом, т.-е. сгорая, дает в результате углекислый газ и воду. То же самое при дыхании. Кровь окисляется, т.-е. соединяется с кислородом, и при этом получаются уже другие вещества. И, наконец, третий пример: разложение в растениях углекислого газа на два новых вещества — кислород и уголь.

В природе на каждом шагу можно наблюдать подобные изменения вещества. Такие изменения, происходящие не только во внешнем состоянии вещества, но и в его составе, называются *химическими превращениями*, или *химическими реакциями*. Изучением этого занимается, главным образом, наука химия.

Но при горении, на ряду с изменением состава вещества, выделяется теплота, выделяется энергия. В организме животных также выделяется теплота, и совершается механическая работа. Энергия, выделяющаяся при горении и в организмах животных, зависит от тех химических процессов, которые там происходят, и называется поэтому химической энергией.

Доктор Мейер, о котором мы уже упоминали, во время своего кругосветного путешествия обратил внимание на такой любопытный факт. Он заметил, что венозная кровь¹ у жителей южных стран не такая темная, как у северян. Мейер объяснил это явление таким образом: венозная кровь темная потому, что она несет продукты соединения органического вещества с кислородом. Так как жители жарких стран теряют меньше тепла,

¹ Вены — кровеносные сосуды, несущие кровь к легким.

чем жители стран холодных, и, следовательно, не нуждаются в таком большом притоке внутреннего тепла, то соединение с кислородом у них совершается медленнее. Поэтому жители южных стран и едят меньше северян; и мы по той же причине летом едим меньше, чем зимой.

При горении и дыхании мы наблюдаем выделение химической энергии, которая до того находилась как бы в скрытом состоянии. Обратное происходит при разложении углекислого газа. Его разложение не идет без воздействия энергии солнечных лучей. Только в результате их воздействия углекислый газ как бы расщепляется, а солнечная энергия переходит в скрытое состояние, превращается в химическую энергию, которая может проявляться вновь при соединении угля с кислородом, т.-е. при горении.

Следовательно, при горении топлива и при процессах, происходящих в организме животных, проявляется та химическая энергия, которая запасалась когда-то от солнца.

Но и при всяком химическом превращении происходит, как показывает опыт, или выделение, или поглощение энергии, при этом не только в форме тепла, но и в других ее формах. С одним из таких примеров мы ознакомимся в следующей главе.

VI. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.

Получение электрического тока. В 1789 году итальянский ученый Гальвани (или, как передают, его жена) наблюдал такой факт. Гальвани производил опыты с лягушкой. Однажды он нацепил лапку лягушки на латунный крючок и повесил на железную решетку балкона. Когда случайно нижний конец лапки коснулся железной решетки, лапка отдернулась, как говорят, сократилась. И это происходило всякий раз, когда Гальвани уже намеренно касался концом лягушечьей лапки железного балкона. Сам Гальвани не смог дать удовлетворительного объяснения этому явлению. Он предполагал, между прочим, существование в лапке лягушки особой „жизненной силы“.

Но вскоре другой итальянский ученый Вольта на ряде опытов показал, что здесь дело не в лягушке и не в какой-либо жизненной силе.

У Гальвани было два различных металла — латунь и железо. Но их, как показал Вольта, можно заменить другой парой металлов, например, цинком и медью. Необходимо, следовательно, обязательное присутствие двух *различных* металлов. Затем, лягушечья лапка сокращается только в том случае, если она касается одновременно обоих металлов. Металлы и лягушечья лапка должны образовать как бы замкнутую цепь. И, наконец, какова роль лягушечьей лапки в этом

явлении? Здесь может быть две возможности. Либо для этого необходима именно лягушечья лапка, как и думал, между прочим, сам Гальвани, усматривавший в сокращении лягушечьей лапки проявление жизненной силы. Либо это сокращение лапки служит лишь свидетельством того, что в ней происходит что-то осуществимое и в других условиях. Второе предположение оказалось правильным. Лапку лягушки можно заменить жидкостью.

Чтобы получить то же явление, которое наблюдал Гальвани, необходимо существование замкнутой цепи из двух различных металлов и жидкости. Это и подтверждается на опыте.

В посуду (рис. 6), например, с разведенной серной кислотой опустим две пластинки из различных металлов — цинка (Zn) и меди (Cu). Если верхние концы пластинок соединить медной проволокой (AB) так, чтобы получилась замкнутая цепь, то будет наблюдаться то же явление, что и в опыте Гальвани.

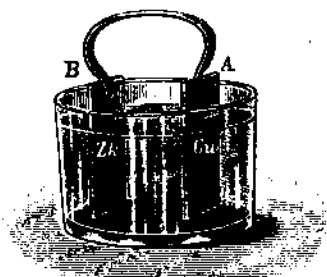


Рис. 6. Прибор с серной кислотой и двумя металлами.

Правда, с внешней стороны мы никаких изменений в таком приборе не замечаем.

Но существует следующий факт, подмеченный около ста лет тому назад датским ученым Эршtedтом. Во время лекций Эршtedта, на которых он показывал описанный нами прибор, его слушатели заметили, что стрелка обыкновенного компаса, стоявшего недалеко на столе, при этом отклоняется.

Стрелка компаса обычно располагается, как известно, с Севера на Юг. Чтобы лучше показать ее отклонение, изменяют прибор таким образом (см. рис. 7): стрелку компаса вставляют внутрь согнутой медной полоски, укрепленной на деревянной подставке. Полоску вместе со стрелкой располагают по направлению с Севера на Юг. Достаточно теперь соединить металлической

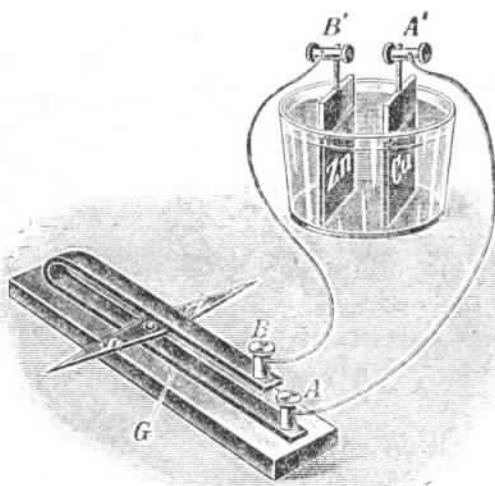


Рис. 7. Ток отклоняет магнитную стрелку.

проволокой (A и B) концы медной полоски с концами пластинок A' и B' в жидкости, чтобы стрелка отклонилась. Это может служить свидетельством того, что в приборе, содержащем разведенную серную кислоту и два различных металла, действительно, что-то происходит. Это „что-то“ мы называем электрическим током.

Чтобы замкнуть цепь на концах медной и цинковой пластинок, мы брали металлическую проволоку и металлическую полоску. Если попробовать замкнуть цепь,

например, деревянной палочкой, то тока не будет. Отсюда следует, что одни вещества проводят электричество, являются проводниками, а другие не проводят, будут не проводники.

Но строго такого разграничения сделать нельзя. Лучше сказать так, что все вещества проводят ток, но в совершенно различной степени: металлы, например, проводят хорошо, а так называемые непроводники — очень плохо, практически же совсем не проводят.

Превращение теплоты в электричество. С распространением электричества становятся все более и более известными не только электрические лампы,

но и электрические плитки, чайники и т. п. В данном случае используется следующее свойство электрического тока: если ток, проходя по проводнику, испытывает сильное сопротивление, то он нагревает проводник. Нам интересно отметить здесь лишь то обстоятельство, что электричество, при некоторых условиях, может переходить в теплоту. Другими словами, электричество есть, следовательно, также энергия, и мы наблюдаем здесь, как один вид энергии превращается в другой.

Но можно и обратно получить электрический ток при некоторой затрате тепла. Французский ученый Пельтье в 1823 году наблюдал (см. рис. 8), что, если спаять обоими концами две пластинки (А и В) из различных

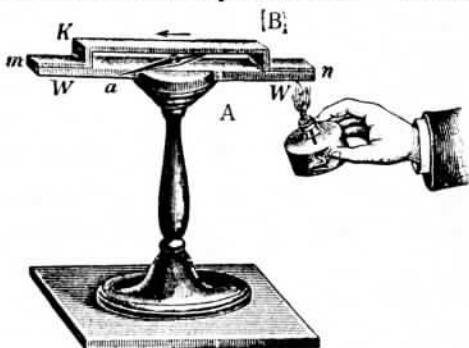


Рис. 8. Опыт Пельтье.

металлов и нагреть один из спаев, оставив другой холодным, то в спаянных металлах появляется электрический ток, который будет отклонять магнитную стрелку.

Таким образом, электричество переходит в теплоту и обратно — теплота в электричество.

Мы получали (см. рис. 6) электрический ток, пользуясь прибором, состоящим из двух различных металлов и жидкости (серной кислоты). Кислота действует на металлы и растворяет их. В приборе происходит, таким образом, химическое превращение: из одних веществ получаются новые вещества. И скрытая химическая энергия проявляется при таком химическом превращении в форме электрического тока. Но ток этот довольно слабый. Современная техника получает электрическую энергию другим путем.

Магнит и его свойства. Электрический ток, как мы уже видели, отклоняет магнитную стрелку. Чтобы разобраться в магнитных явлениях, познакомимся прежде всего с самим магнитом и его свойствами.

В природе существуют естественные и искусственные магниты. Естественный магнит, так называемый магнитный железняк, представляет собою соединение железа с кислородом; кусок такого железняка имеет свойство притягивать железо и сталь; если магнитным железняком потереть пластинку закаленной стали, то такая пластинка сама становится магнитом: она в состоянии притягивать мелкие гвозди, железные опилки и т. д. Получается, таким образом, искусственный магнит. Таким искусственным магнитом можно натирать новые стальные полоски и получать новые магниты и т. д.

Естественный и искусственный магнит, сделанный в форме продолговатой пластинки и закрепленный

на острие, например, на иголке, так, чтобы мог вращаться, располагается обычно в определенном направлении — одним концом на Север, другим на Юг. Получается так называемая магнитная стрелка. Если магнитной стрелкой коснуться железных опилок, то последние густо облепят не всю стрелку, а только концы ее. Те части магнита, где прилипают железные опилки, называются *магнитными полюсами*. Различают два полюса: северный — тот конец магнитной стрелки, который поворачивается на Север, и южный — поворачивается на Юг.

Посмотрим теперь, как один магнит будет действовать на другой. Воспользуемся для этого двумя магнитными стрелками, укрепленными на остриях. Поднесем сначала северный полюс одного магнита к северному же другого; получается отталкивание. Приближаем теперь северный полюс одного к южному полюсу другого — получается притяжение. И наоборот: южный полюс отталкивается от южного и притягивается северным.

Результаты этого наблюдения можно выразить таким образом: *одноименные полюсы отталкиваются, разноименные притягиваются*.

С этой точки зрения можно объяснить, почему магнитная стрелка устанавливается всегда в определенном направлении. Земной шар должен, очевидно, представлять собою большой магнит; при этом близ северного географического полюса должен находиться южный магнитный полюс, притягивающий, разноименный с ним, северный полюс магнитной стрелки, и близ южного географического полюса — северный магнитный.

Но встречаются на земле некоторые места, где магнитная стрелка значительно отклоняется от своего обычного направления с Севера на Юг. Объясняется такое отклонение (так называемая аномалия) присутствием

в таких местах больших залежей магнитной железной руды, которая своим влиянием и изменяет направление магнитной стрелки.¹

Искусственные магниты делаются обыкновенно в форме подковы. Возьмем подковообразный достаточно сильный магнит и сделаем с ним такой опыт. Насыпем на лист картона ровным слоем железных опилок и, слегка потряхивая картон, снизу под него поднесем концами магнит; железные опилки расположатся в таком случае в некотором порядке, как изображено на рис. 9. Концы магнита не касаются в данном случае железных опилок;

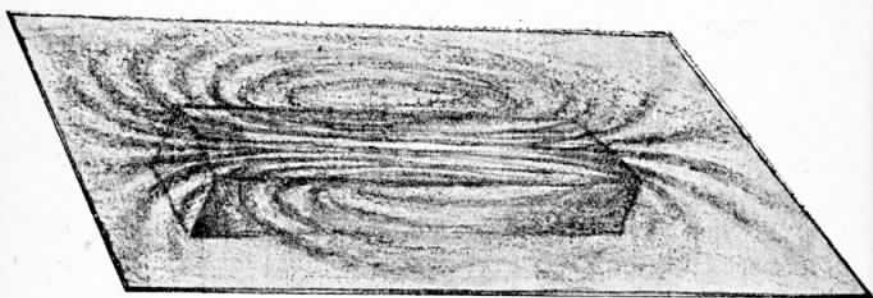


Рис. 9. Расположение железных опилок в магнитном поле.

магнит действует на них на некотором расстоянии. Более точные опыты показывают, что сильный магнит отклоняет магнитную стрелку не только при приближении к ней, но и на сравнительно большом расстоянии. Можно наблюдать незначительное отклонение стрелки под влиянием магнита, находящегося, например, в соседней комнате и даже дальше. Такой факт говорит за то, что

¹ У нас в Союзе наиболее известной в этом отношении является Курская магнитная аномалия.

вокруг магнита в некоторых пределах как бы возникают какие-то силы, которые и действуют в частности на магнитную стрелку на большом относительно расстоянии. Пространство, в пределах которого проявляется действие магнита, названо *магнитным полем*.

Величайший английский ученый Фарадей, изучавший свойства магнитного поля, и пришел к той мысли, что в пространстве вокруг полюсов магнита в действительности существуют особые магнитные силы и что железные опилки могут служить средством для их обнаружения.

Как можно объяснить намагничивание куска закаленной стали? Если намагниченную стальную пластинку



Рис. 10. *Немагнитиченная сталь.*

попробовать разломать на несколько частей, получатся новые магниты; невозможно, таким образом, один полюс магнита отделить от другого; очевидно, что каждая самая малая часть магнита, какую мы ни получали бы, будет являться новым магнитом с двумя полюсами. Отсюда можно сделать такое предположение. Допустим, что сталь состоит из мелких магнетиков, быть может, каждая молекула является таким магнетиком. Когда в куске стали все мелкие магниты расположены своими полюсами в разные стороны, и их влияние взаимно уравнивается, сталь не обнаруживает свойств магнита (см. рис. 10). При намагничивании же стали

все магнитики устанавливаются в определенном порядке: северные полюса их обращены в одну сторону, южные — в другую. При этом внутри магнита противоположные

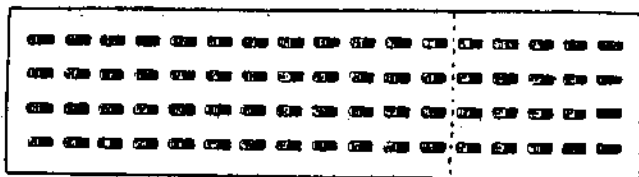


Рис. 11. Намагниченная сталь.

полюсы магнита располагаются рядом, и их действие уничтожается (см. рис. 11). Притяжение наблюдается лишь на концах магнита (см. рис. 12). В намагниченном

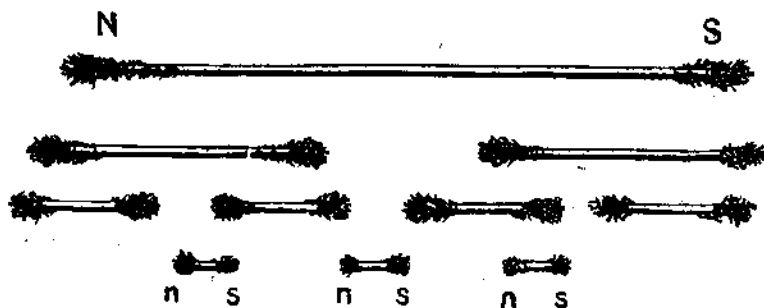


Рис. 12. Намагниченная сталь притягивает железные опилки только своими концами.

куске стали также появляются два магнитных полюса. Если магнитики вновь привести в беспорядок, встряхиванием или нагреванием, при котором усиливается движение молекул, то сталь должна терять свои магнитные свойства. Это и подтверждается на опыте.

Действие электрического тока на магнит. Мы уже упоминали о том факте, замеченном Эршtedтом, что магнитная стрелка отклоняется электрическим током. Почему это происходит? Мы только что видели, что она поворачивается в магнитном поле магнита. Возникает, естественно, мысль, не создает ли вокруг себя такое же магнитное поле и электрический ток; и если создает, то нельзя ли исследовать это поле железными опилками.

Можно проделать соответствующий опыт. Насыпем, как мы уже это делали, на картон железных опилок и сквозь картон пропустим прямой провод, по которому идет ток (см. рис. 13). Железные опилки расположатся

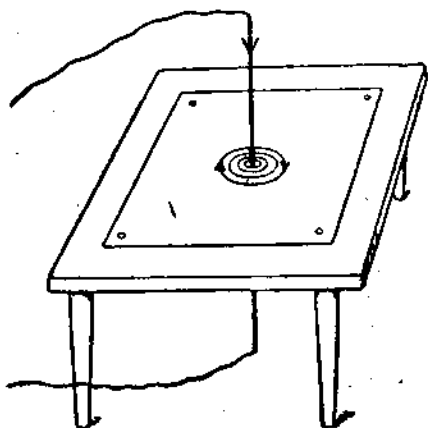


Рис. 13. Магнитное поле тока.

в некотором порядке по определенным, показанным на рисунке линиям, как и в опыте с магнитом. Следовательно, электрический ток создает вокруг себя такое же магнитное поле, как и магнит.

Согнем теперь проволоку в спираль. Подвесив такую спираль на двух проволоках, по которым к ней идет ток, мы замечаем, что концы такой спирали будут обладать теми же свойствами, что и полюсы магнита. Один конец спирали отталкивается северным полюсом магнита и притягивается южным, другой — наоборот.

С помощью электрического тока мы получили, таким образом, не совсем обычной формы магнит. Отсюда можно сделать вывод, что магнитные явления представляют собой одно из проявлений электрического тока.

Можно продолжить и дальше опыт со спиралью. Раз спираль, по которой идет ток, ведет себя как магнит, вокруг и внутри ее должно возникать такое же магнитное поле, как вокруг всякого магнита. И внутри этого магнитного поля железо должно намагничиваться; намагничивание железа должно состоять, как мы видели,

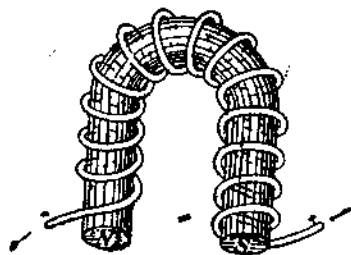


Рис. 14. Электромагнит.

в определенном расположении его молекул под влиянием магнитных сил, составляющих магнитное поле. Обмотав железо, согнутое в форме подковы, проводом и пропустив через провод достаточно сильный ток, действительно можно получить магнит (рис. 14), кото-

рый в состоянии будет удерживать, например, гирию. Такой магнит, полученный посредством электрического тока, носит название *электромагнита*. Электромагниты могут быть гораздо сильнее простых магнитов. В технике для подъема и переноски тяжестей употребляют электромагниты, которые в состоянии поднимать груз весом в несколько тонн.

Действие магнита на электрический ток. Таким образом, электрический ток приводит в движение магнитную стрелку, возбуждает вокруг себя так называемое магнитное поле, которое существует и вокруг простого

магнита. Электрический ток вызывает, следовательно, магнитные явления.

Фарадей, изучавший, как уже упоминалось, свойства магнитов и магнитного поля, поставил себе такой вопрос: если электрический ток возбуждает магнитные явления, то нельзя ли обратно магнитным полем вызвать в проводе электрический ток. Опыты, сделанные Фарадеем, целиком подтвердили такое предположение. Разберем один из таких опытов.

На пустую внутри деревянную катушку *A* намотан снаружи голый провод (см. рис. 15). Концы провода соединены с особым прибором, так называемым *гальванометром*, который отклонением своей стрелки в ту или иную сторону определяет электрический ток. Возьмем теперь магнит *NS* в форме бруска и станем вдвигать его северным полюсом в катушку. Стрелка гальванометра при этом отклонится; это доказывает, что в проводе катушки возникает ток. Но как только движение магнита прекращается, прекращается и ток. При удалении магнита вновь возникает ток, но уже в обратном направлении, о чем можно судить по отклонению стрелки гальванометра в противоположную сторону. Если магнит перевернуть и вдвигать теперь в катушку южным полюсом, вновь будет возникать ток, но по направлению, уже обратному тому, что получалось первый раз.

Как показывает опыт, не обязательно при этом, чтобы двигался магнит; магнит можно держать неподвижно и надвигать на него катушку. Получается тот же результат. И, наконец, не обязательно даже, чтобы магнит был в форме целого металлического куска. Магнит можно заменить проволоочной спиралью, по которой идет электрический ток; такая спираль, как мы видели,

обладает свойствами магнита. Вдвигаем в катушку такую спираль — и в наружной обмотке катушки опять возникает электрический ток. Ток, меняющий свое направление, называется *переменным*.

На основании фактов, с которыми нам пришлось встретиться, мы сделали тот предварительный вывод, что энергия не может как будто появляться из ничего, что в любом случае должен существовать определенный источник энергии. До сих пор мы наблюдали лишь превращение одного вида энергии в другой. Поэтому и в данном случае неизбежно должен встать вопрос: откуда в только что описанном опыте Фарадея мог появиться переменный ток, что могло быть его причиной, источником?

Проволока, скрученная в спираль, становится магнитом, когда в ней возникает электрический ток. Катушка в опыте Фарадея с намотанным на ней проводом при приближении к ней магнита и возбуждении

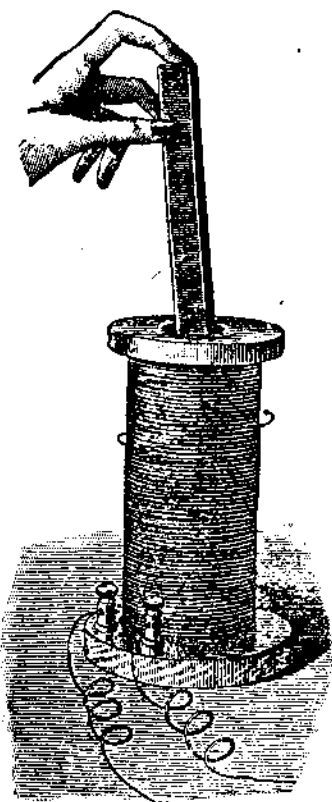


Рис. 15. Возбуждение в катушке А электрического тока под влиянием магнита NS.

в ней тем самым тока также намагничивается. И, как показывает опыт, при приближении северного полюса магнита, на ближайшей к нему части катушки возникает также

северный магнитный полюс. Одноименные магнитные полюсы отталкиваются; поэтому, чтобы вдвинуть магнит северным полюсом в катушку, необходимо затратить на это некоторое усилие, некоторую работу. При удалении магнита в катушке возникает ток обратного направления; и там, где был северный магнитный полюс, появляется южный. Теперь южный полюс катушки станет уже притягивать удаляющийся разноименный с ним северный полюс магнита; и на удаление магнита опять-таки требуется некоторая работа.

Таким образом, при приближении и удалении магнита и катушки друг относительно друга (при этом безразлично, движется ли магнит или катушка) в намотанном на катушке проводе возникает переменный ток, и при этом такого направления, что он своим действием препятствует этому движению. На преодоление сопротивления требуется затрата некоторой работы. Та энергия, которая затрачивается на это, переходит в энергию электрического тока, возникающего в обмотке катушки. Но при таком перемещении магнита относительно катушки вокруг нее меняется то магнитное напряжение, магнитное поле, которое создается магнитом; при приближении магнита к катушке магнитное поле усиливается, при удалении ослабевает. Следовательно, можно сказать еще и так, что переменные токи возникают в обмотке катушки вследствие изменения силы магнитного поля, в котором находится катушка при приближении к ней и удалении магнита. Таковы те выводы, которые можно сделать из описанных опытов Фарадея.

Фарадей. Открытия, сделанные Фарадеем, имеют чрезвычайно важное значение в науке и технике. Можно сказать, что на их основе возникла и развилась вся современная электротехника.

Михаил Фарадей родился в 1791 году в Англии в семье бедного кузнеца. Тринадцати лет он был отдан учеником к одному переплетчику. С раннего возраста Фарадей отличался большой любознательностью и стремился пополнить свои знания путем самостоятельного чтения и посещения лекций. Больше всего его



Рис. 16. Михаил Фарадей.

интересовали естественные науки, главным образом физика и химия. И вот в 1813 году Фарадей обращается с письмом к известному тогда химику Дэви с просьбой дать ему возможность занять научной работой. Дэви принял его в качестве своего помощника, вернее, служителя. Осенью этого же года Дэви отправился в поездку по Европе, взяв с собой и Фарадея. Во время этой поездки

Фарадей встречался с наиболее выдающимися европейскими учеными. Профессора поражались знаниями этого самоучки-переплетчика. Впоследствии он получил возможность самостоятельно заниматься научной работой и долгие годы посвятил исследованиям в области физики и химии. Умер Фарадей в 1867 году.

Как устроена динамо-машина. На основании взаимного влияния магнитных и электрических явлений построены так называемые *динамо-машины*, которые служат для получения электрической энергии. Устройство динамо-машины (рис. 17) в основном сводится к следующему.

Железный стержень, согнутый в форме подковы, обмотан проволокой *A*. При возбуждении в проволоке электрического тока, железный стержень намагничивается, получается электромагнит; вокруг электромагнита образуется магнитное поле. Между полюсами электромагнита находится так называемый *якорь B*, на котором также имеется проволоочная обмотка и который играет в динамо-машине ту же роль, что и катушка в опытах Фарадея. Электромагнит и оси якоря закреплены на подставке *C*, сделанной из целого куска железа. Через передаточный ремень *D* якорь динамо-машины приводится в движение. При быстром вращении якоря получается тот же результат, что и при приближении и удалении магнита и катушки в описанных опытах Фарадея: в обмотке якоря появляется электрический ток. При этом в электромагните, сделанном из мягкого железа, всегда остается некоторое намагничивание, которое своим влиянием и возбуждает в начале движения динамо-машины ток во вращающемся якоре. Если в цепь проводов *E*, идущих от якоря, включить обмотку электромагнита, последний еще больше намагнитится, что, в свою очередь, усилит ток в якоре, и т. д. Практически это делается очень быстро: в течение нескольких секунд электромагнит вполне намагничивается, и динамо дает уже сильный ток.

В опыте с магнитом и катушкой (см. рис. 15) возникал ток, который препятствовал движению. То же

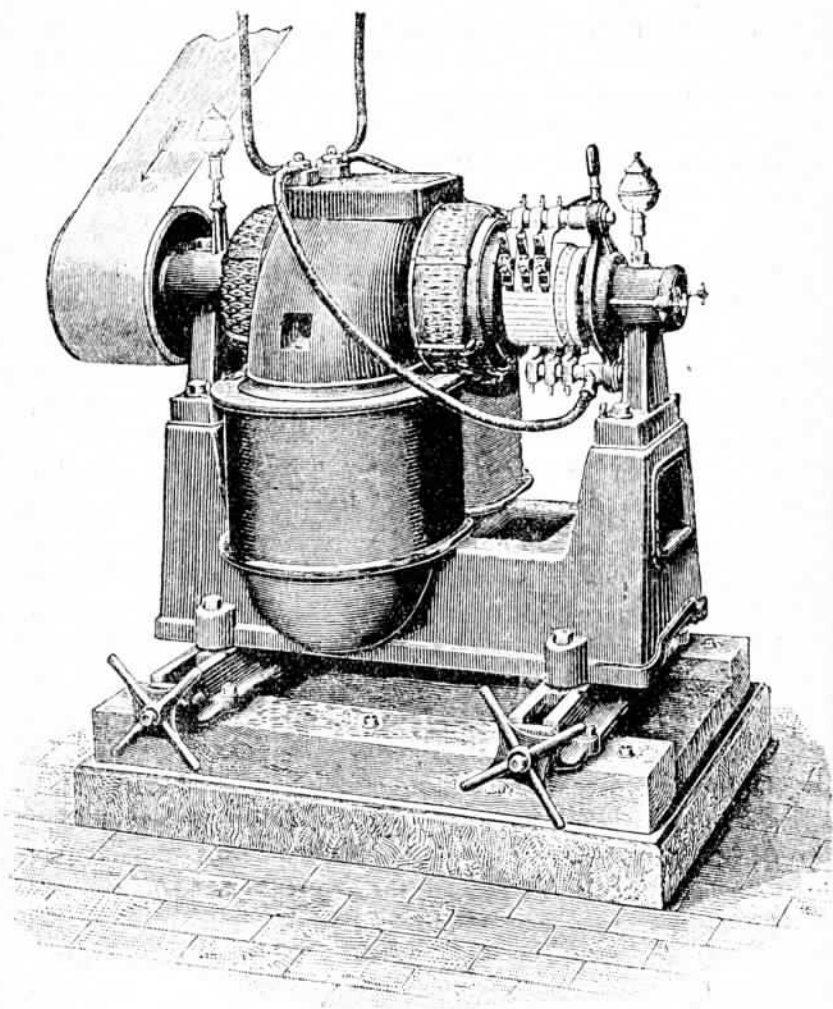


Рис. 17. Динамо-машина.

происходит и в динамо-машине. Ток, возникающий в якоре динамо, препятствует движению самого же якоря. Таким образом, движению якоря препятствует некоторая сила, на преодоление которой необходимо затрачивать все время работы. За счет этой работы, затрачиваемой на вращение якоря между полюсами электромагнита, динамо-машина и производит электрический ток. Механическая энергия в этом случае переходит в энергию электрическую.

Коэффициент полезного действия динамо-машины, по сравнению со всеми другими нашими машинами, очень высок: в наиболее совершенных машинах он доходит до 96—97 процентов.

Передача электрической энергии на расстояние. Электрическая энергия по сравнению с другими видами энергий имеет ряд преимуществ, из-за которых она и получила за последнее время столь широкое распространение.

Прежде всего электрическую энергию можно передавать по проводам на сравнительно большое расстояние.

Главным препятствием при передаче электричества на большое расстояние служит сопротивление проводов и потеря при этом энергии. Чтобы преодолеть это неудобство, необходимо получить ток *высокого напряжения*, т.е. ток с большим напором. Для этой цели служат так называемые *трансформаторы*, которые ток относительно слабого напряжения, получающегося в динамо-машине, превращают — „трансформируют“ — в ток высокого напряжения. Такой трансформированный ток и передается затем по проводам на большие расстояния.

Опыты передачи электрической энергии на расстояние стали производиться лет 50 тому назад. В 1882 году

была произведена такая передача на расстояние в 60 километров в Германии. При этом на место передачи дошло только около 40% всей энергии. Вскоре после этого, в 1891 году, в Германии же, в город Франкфурт, где в это время была открыта электротехническая выставка, была передана электрическая энергия на расстояние уже в 175 километров. И, несмотря на значительную дальность расстояния, во Франкфурт дошло до 74% всей энергии. Этот опыт обратил на себя всеобщее внимание и сыграл большую роль в истории развития электротехники. В настоящее время существуют установки с передачей тока на более дальние расстояния и с меньшей притом потерей энергии.

Ток высокого напряжения, предназначенный для передачи на большое расстояние, очень опасен для жизни и не годится для непосредственного использования. Поэтому такой ток, поступивший на место назначения, необходимо вновь „трансформировать“, но уже в ток низкого напряжения, годный для употребления. Это превращение производится на месте использования тока в таких же самых трансформаторах.

В динамо-машине электрический ток получается, как мы видели, посредством быстрого вращения якоря динамо. Необходимо, следовательно, приспособить для этого соответствующий двигатель. Откуда будет получать такой двигатель энергию — совершенно безразлично: можно использовать с этой целью энергию, выделяющуюся при горении топлива, энергию падающей воды и т. д. Возможность же передавать электрическую энергию на большие расстояния предоставляет в этом отношении широкий простор. Вдали от промышленных и населенных центров, являющихся наиболее крупными потребителями энергии, можно использовать

плохие сорта угля и торф, которые экономически невыгодно перевозить на далекое расстояние, например, к заводам и фабрикам; энергия воды может быть использована в таких местах, где существуют для этого наиболее благоприятные условия: близ водопадов и на реках путем устройства специальных плотин. Вода в таких случаях под большим напором поступает в так называемые *турбины*, где приводит в быстрое вращательное движение колесо турбины, а это движение передается затем якорю динамо-машины. При этом струя воды в некоторых турбинах бывает настолько стремительна, что ее невозможно рассеять саблей: стальное лезвие зазубривается.

Таким путем можно заставить работать динамо-машину в наиболее выгодном для нас месте и получающийся при этом электрический ток передавать на значительные расстояния к месту потребления. Механическую работу двигателя динамо-машина превращает в данном случае в электрическую энергию.

Но динамо обладает, кроме того, и другим не менее важным и чрезвычайно ценным свойством: она может электрическую энергию обратно переводить в механическую работу. В таком случае динамо-машина служит уже в качестве двигателя; получается так называемый *электромотор*. Работа такого мотора основана на том, что электрический ток, проходя по обмотке якоря и электромагнита, намагничивает последний; электромагнит начинает притягивать и отталкивать якорь, и тот приходит в движение, которое можно затем передавать рабочему валу и дальше.

Применение электрического двигателя. Употребление электромоторов чрезвычайно разнообразно и удобно.

Прежде всего большое значение имеет то обстоятельство, что можно устраивать электрические двигатели самой разнообразной мощности, начиная от двигателя меньше, чем в одну лошадиную силу, и кончая электромоторами мощностью во много сот лошадиных сил.

Электромотор легко пускать в движение и останавливать; небольшие перерывы в работе мотора не сопровождаются бесполезной потерей энергии, что бывает при остановке и перерывах в работе паровой машины.

На заводе или фабрике электромотор приводит в движение рабочий вал, от которого это движение может передаваться различным рабочим станкам — ткацкому и токарному станкам, прокатному стану, передвигать подъемные краны, сверлить, строгать и т. д.

В области транспорта электромотор нашел широкое применение в трамвайном сообщении. За последние годы переходят все больше и больше к электрификации железных дорог. В этом деле электромотор с успехом может заменять паровоз. Так называемый электровоз не нуждается в запасах воды и топлива, которые должен вести за собой паровоз. На остановках мотор выключается, и не тратится бесполезно энергия, что происходит при непрерывной топке паровоза. Электровоз в состоянии развивать большую скорость, допускает по своей мощности увеличение числа вагонов по сравнению с паровой тягой и пр.

В сельском хозяйстве электрический двигатель находит столь же разнообразные применения. Электромотором можно приводить в движение насосы для откачивания воды при осушке болотистой и непригодной для непосредственной обработки земли. При помощи же насосов, соединенных с электромотором, можно производить искусственное орошение. Электромотор не трудно

приспособить к работе с плугом. Наконец, почти все полевые сельскохозяйственные работы удобно обслуживаются электромотором: он приводит в действие молотилку, веялку, соломорезку, маслобойку, сортировку, выкачивает из колодцев воду и т. д.

Таковы те удобства электромотора, благодаря которым он смог завоевать себе столь широкое распространение.

Электрическое освещение. Одним из наиболее важных применений теплового действия электрического тока является электрическое освещение.

Ток, поступая из сравнительно толстого провода в тонкую нить лампы, испытывает сопротивление. При прохождении тока молекулы нити расталкиваются, движение их усиливается, нити нагреваются и притом настолько сильно, что начинают светиться.

Первыми электрическими лампами были угольные. При их производстве встретились большие технические трудности: необходимо было приготовить достаточно прочные и тонкие угольные нити и укрепить их в стеклянном колпачке, из которого выкачан воздух. Воздух должен быть выкачан, во-первых, для того, чтобы удалить кислород, иначе угольная нить при высокой температуре сгорит, и во-вторых, чтобы уменьшить потерю тепла, так как разреженный воздух хуже проводит тепло. В середине прошлого столетия было много попыток построить такую угольную лампу. И только в семидесятых годах американцу Эдиссону удалось сделать практически пригодные лампы и наладить их массовое производство.

Угольная лампа обладает тем недостатком, что горит желтоватым светом, и ее нельзя сильно накаливать: при

накаливании до-бела ее нить быстро разрушается. Поэтому были сделаны попытки готовить нити из тугоплавких металлов (вольфрам и др.) и их сплавов. И в этом отношении достигли больших успехов. Такие лампы с металлическими нитями дают белый свет и меньше потребляют энергии на каждую свечу, чем угольные, за что и получили название „экономических“.

Широкое распространение получили так называемые „полуваттные“ лампы, отличающиеся от обыкновенных тем, что они, вместо выкачанного воздуха, наполнены неподдерживающим горения азотом. Отрывающиеся при накаливании молекулы металлической нити встречают в азоте больше препятствий, чем в разреженном воздухе; натолкнувшись на молекулы азота, они отлетают обратно на проволоку. Таким образом, нить в такой лампе изнашивается медленнее, чем в обыкновенных „экономических“. Кроме того, такая лампа расходует на свечу раз в 5—6 меньше энергии, чем угольная.

Но, несмотря на все усовершенствования электрических ламп, они до сих пор еще чрезвычайно не экономны. В обычной, так называемой „экономической“, лампе энергия электрического тока затрачивается, главным образом, на нагревание нитей, и лишь от 1 до 3% ее превращается в световую энергию.

Для освещения больших площадей и улиц иногда вместо электрических ламп употребляют так называемую *вольтову дугу*. Устройство вольтовой дуги состоит в следующем: если к двум угольным палочкам, соприкасающимся друг с другом, подвести электрический ток и затем палочки немного раздвинуть, то между ними получается яркая полоса света. Температура такой дуги выше 3000 градусов по термометру Цельсия. Кусок

железа, внесенный в вольтову дугу, быстро плавится; расплавляются также кирпич и другие тугоплавкие вещества. В настоящее время путем некоторых изменений в устройстве вольтовой дуги достигают еще более высокой температуры, доходящей до 7000 и выше градусов.

Применение электричества в металлургии. Остановимся коротко еще на одной области — на металлургии, где применение электрической энергии в химических процессах приобретает за последние десятилетия все возрастающие размеры. Создалась новая отрасль промышленности — *электрометаллургия*.

Электрический ток, проходя через некоторые жидкие и расплавленные вещества, разлагает их. На этом основано получение многих металлов, в частности таких, как медь, алюминий. В так называемых *электропечах* готовят высокие сорта стали и проч.

И, наконец, путем применения описанной уже вольтовой дуги из азота воздуха получают искусственную селитру, столь необходимую для удобрения в сельском хозяйстве и для производства взрывчатых веществ.

Мы не можем здесь подробно останавливаться на чрезвычайно многочисленном и разнообразном применении электрической и тесно с ней связанной магнитной энергии в промышленности и технике.¹

Что такое электрический ток? Говоря о явлениях магнетизма, мы упомянули о том, как можно понимать состояние намагничивания вещества; каждую молекулу

¹ Кто хочет с этим познакомиться подробнее, тому советуем прочесть другую книжку „Книжной полки рабочего“: Б. Андреев, Завоевание природы (Физика на службе человечеству). ГИЗ,

можно представить в виде маленького магнита с двумя разноименными полюсами; при намагничивании какого-либо предмета его молекулы поворачиваются одноименными полюсами в одном направлении. Магнитные явления мы объясняем, следовательно, внутренним состоянием намагниченного вещества.

Но магнитные явления тесно связаны, как мы видели, с явлениями электрическими. И здесь возникает вопрос, как можно объяснить проявление электрического тока. Можно ли объяснить его внутренним состоянием того вещества, по которому идет ток, или по проводнику

действительно что-то „течет“, действительно движется какое-то вещество.

Проводниками электричества могут быть твердые вещества, многие жидкости и разреженные газы.

В твердых веществах, например, в металлической проволоке, мы не замечаем никакого изменения под влиянием электрического тока. Проводники извлекли опыты, пропуская в течение продолжительного времени ток через металлы, и никакого разложения

металлов, никакого внутреннего изменения в них при этом не было замечено. Повидимому, электрический ток свободно проходит через вещество твердого проводника, не затрагивая его.

Обратимся к жидкостям. Здесь можно уже наблюдать некоторые изменения, происходящие в самих жидкостях от действия электрического тока. В качестве примера, воспользуемся знакомым нам сильно разбавленным водным раствором серной кислоты. Пропустив через такой

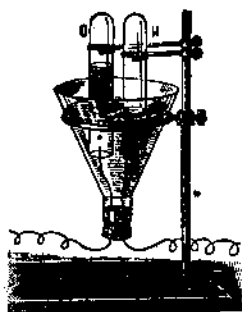


Рис. 18. Разложение воды электрическим током.

раствор электрический ток, мы вскоре заметим (рис. 18), что вверху трубок станут выделяться пузырьки каких-то газов, количество же раствора несколько уменьшится. Исследование выделившегося газа показывает, что перед нами не один, а два различных газа: на одной пластинке — кислород, на другой — водород. Фарадей, занимавшийся вопросом прохождения электрического тока через проводящие жидкости, установил некоторую закономерность этого процесса. Он, между прочим, показал, что количество проходящего через жидкость электричества точно соответствует количеству выделяющихся на пластинках веществ, в данном случае газов кислорода и водорода. И больше того, из опыта Фарадея следует, что прохождение электрического тока через проводящие жидкости состоит в том, что каждый атом или группа атомов жидкости несут на себе один или несколько одинаковых электрических зарядов.

Электричество как бы делится на части; оно находится в связи с каким-нибудь атомом или группой атомов; самостоятельного присутствия свободного электричества мы при этом не наблюдаем.

Перейдем, наконец, к газам. В обычных условиях газы не проводят электрического тока. В сухом воздухе, например, металлический шарик, подвешенный на непроводящей электричество шелковой нити, сохраняет в течение долгого времени электрический заряд. Но сильно разреженные газы уже проводят ток. В стеклянной трубке, из которой выкачана часть воздуха, электрический ток уже проходит. Многочисленные опыты, производившиеся с целью изучения прохождения электрического тока в газах, дали чрезвычайно разнообразный и интересный материал. Опишем один из таких

опытов, послуживший началом для целого ряда важнейших открытий в области электричества.

В стеклянную трубку, запаянную с обоих концов и имеющую отверстие O , соединенное с насосом для выкачивания воздуха (рис. 19), впаяны концы проводов N и P , соединенных с источником электричества. Пока отверстие O открыто и в трубке находится воздух, ток не проходит, — в крайнем случае в трубке проскакивают отдельные искры. Совершенно иная картина полу-

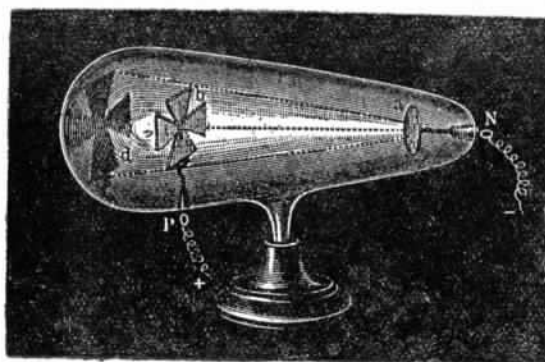


Рис. 19. Прохождение тока через разреженные газы.

чается в том случае, если из трубки хорошо выкачать воздух и запаять отверстие O . Электрический ток после этого будет проходить. При этом можно наблюдать интересное явление.

Стекло трубки против отрицательного полюса a начинает светиться зеленоватым светом. Причиной этого являются особые лучи, идущие от отрицательного полюса. В этом можно убедиться, если между отрицательным полюсом и противоположным концом трубки поместить какой-нибудь непроницаемый предмет; в том

месте, где до этого трубка светилась, появляется тень. Что это за лучи?

Как показывают наблюдения, лучи эти отталкиваются северным полюсом магнита и притягиваются южным. Это легко наблюдать, если к трубке поднести магнит: тень на стенке трубки сдвинется. Подобное же действие производит на лучи и электрический ток.

Такие факты заставляют думать, что мы имеем дело в данном случае с электричеством.

Электричество бывает как бы двух разных сортов: если потереть стеклянную палочку кожей, то палочка заряжается *положительным* электричеством; если потереть эбонитовую гребенку сукном, то гребенка заряжается *отрицательным* электричеством. Положительное и отрицательное электричества притягивают друг друга и по-разному действуют на тот или другой магнитный полюс. Судя по характеру притяжения и отталкивания наших лучей в трубке магнитом и электрическим током, мы имеем здесь дело с отрицательным электричеством.

Весьма сложные и тщательные опыты дают возможность убедиться в том, что действительно лучи, производящие свечение на стенках разреженной трубки, несут только отрицательное электричество. Эти же опыты показывают, что это электричество состоит из отдельных заряженных частиц, величина зарядов которых равна величине зарядов, переносимых при прохождении электрического тока через жидкость. Количество вещества (масса) таких частиц отрицательного электричества приблизительно в 2000 раз меньше массы одного атома самого легкого вещества — водорода. Таким образом, в разреженной трубке мы наблюдаем свободные частицы отрицательного электричества. Такие

частицы названы *электронами*. Все попытки получить в трубке в таком же свободном состоянии положительное электричество не дали результата. Положительное электричество встречается всегда в соединении с отдельным атомом или группой атомов того газа, который находится в трубке.

Дальнейшие наблюдения показали, что свободные электроны встречаются в природе гораздо чаще, чем можно предполагать. Даже в таких случаях, где налицо, казалось бы, нет никаких электрических явлений, можно обнаружить присутствие электронов.

Оказывается, что почти все вещества выделяют из себя электроны при продолжительном освещении их солнечными лучами. Само солнце выбрасывает со своей поверхности громадное количество электронов; часть из них попадает в верхние разреженные слои атмосферы и производит там такое же свечение, как и электроны в стеклянной трубке. Это явление известно под именем *северного сияния*. Металлическая проволока, в которой мы при прохождении через нее электрического тока не замечали никакого изменения, испускает при известных условиях электроны. Если воспользоваться тонкой проволокой и пропустить через нее ток, проволока нагреется и раскалится; с ее поверхности при этом будут выделяться в значительном количестве электроны. И, наконец, в 1916 году двое ученых, Тольман и Стюарт, произвели опыт, который не оставляет никаких сомнений относительно присутствия электронов в металлической проволоке. Опыт Тольмана и Стюарта состоял в следующем (см. рис. 20).

На большой вращающийся цилиндр была намотана изолированная проволока; концы проволоки соединились с гибким шнуром, идущим к особому прибору —

гальванометру, который обнаруживает присутствие электрического тока. Цилиндр приводился в быстрое вращение; стрелка гальванометра при этом не отклонялась. Но как только приостанавливали движение цилиндра, в проволоке появлялся во время торможения электрический ток, о чем можно было судить по отклонению стрелки. Если допустить существование в проволоке электронов, хотя бы и с чрезвычайно небольшой массой, то опыт Тольмана и Стюарта объясним таким образом: в тот момент, когда вращающийся цилиндр быстро затормаживается, электроны продолжают еще двигаться в прежнем направлении и своим движением возбуждают электрический ток.

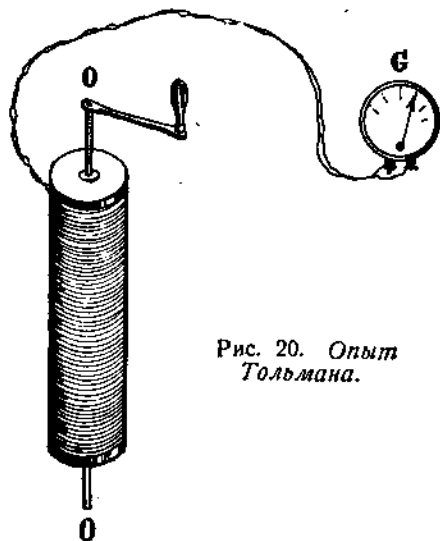


Рис. 20. Опыт Тольмана.

Опытами установлено, что в свободной форме встречается только электричество отрицательное; мы познакомились с некоторыми фактами, которые заставляют признать, что отрицательное электричество состоит из мельчайших материальных частиц, названных электронами. Движение электронов и создает электрический ток. С этой точки зрения мы можем, в частности, объяснить и нагревание тонких нитей в лампах, когда по ним идет ток. Когда электроны движутся по толстому проводу, они не встречают значительных препятствий; по-

падая же в тонкую нить лампы, электроны вынуждены с трудом пробиваться через молекулы и атомы нити; своими ударами они раскачивают, приводят в более быстрое движение отдельные атомы. Движение же молекул и атомов и есть то, что мы воспринимаем как тепло. Нити лампы разогреваются и начинают излучать свет.

Успехи науки за последние десятилетия приводят к выводу, что атомы всех веществ в природе состоят в конечном счете из отрицательных электронов и положительной части атома. Электричество, таким образом, является одной из основ всего существующего мира.

VII. СВЕТ. ЛУЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ.

Нити электрической лампы при прохождении через них электрического тока разогреваются настолько сильно, что начинают светиться; электрическая энергия переходит при этом в тепло и свет. При сильном накаливании кусок железа сначала нагревается, затем начинает светиться красным, желтым и, наконец, белым светом; тепловая энергия переходит в данном случае в свет.

Но можно наблюдать и обратное явление. При поглощении солнечных лучей образуется обычно теплота; предметы, подвергающиеся действию этих лучей, нагреваются; чем больше какой-либо предмет поглощает солнечных лучей, тем больше он при этом нагревается. Черные предметы, как сажа, почти совершенно поглощают все падающие на них лучи, превращая их в тепловую энергию. Белые предметы поглощают гораздо меньше; поэтому, например, летом лучше носить светлое платье.

Кроме того, солнечные лучи могут иногда производить химические действия, разлагая некоторые вещества. В таком случае световая энергия переходит в скрытую химическую; на этом свойстве световых лучей основана, между прочим, фотография.

И еще раз, таким образом, мы наблюдаем переход одного вида энергии в другой: электричество и теплота

переходят в свет; свет переходит в теплоту и химическую энергию.

Нам следует теперь ознакомиться с световой энергией и ее свойствами.

Разложение луча. Начнем прежде всего со свойств самого луча.

Одно из основных открытий в этой области было сделано величайшим из живших когда-либо ученых — Ньютоном.

Исаак Ньютон (рис. 21) родился в Англии в 1642 году, в небогатой семье. Начав учиться в сельской школе, он вынужден был через некоторое время ее оставить за недостатком средств. Мать хотела сделать из него сельского хозяина. Но она должна была вскоре уступить настойчивому желанию сына учиться. Она согласилась на его возвращение в школу и на поступление затем в университет. Впоследствии Ньютон долгое время был профессором Кембриджского университета.

Ньютон занимался изучением солнечного света, сделал важные работы по математике и в 1682 году открыл закон всеобщего тяготения или притяжения. Закон этот является одним из наиболее глубоких завоеваний человеческого ума. Ньютон показал, что сила тяжести, заставляющая падать все предметы на землю, есть один из случаев всемирного притяжения. Притяжение земли солнцем или луны землей, — все это проявление одного и того же свойства всех предметов природы притягивать друг друга.

Умер Ньютон в 1727 году.

Ньютон пропустил в свою комнату сквозь небольшую щель в ставне пучок солнечных лучей. Когда на пути лучей он поставил стеклянную призму (трехгранный

стеклянный брусок), то получилось для него совершенно неожиданно интересное явление: лучи отклонились книзу и при этом образовали не пятно, как



Рис. 21. *Исаак Ньютон.*

бывает обычно от пучка лучей, а вытянутую цветную полосу (рис. 22). Ньютон стал искать разгадку этого явления. Он не допускал, чтобы цветные лучи полу-

чались от действия призмы, что вещество призмы изменяло цвет луча. Оставалось предполагать, что сам белый луч состоит из смеси цветных лучей и что призма служит лишь средством для их разделения. Ньютон и сделал такой вывод.

Он объяснил это явление тем, что различные цветные лучи, проходя сквозь призму, изменяют свое направление, как говорят, преломляются; но различные лучи преломляются неодинаково сильно и, следовательно, отклоняются призмой в разных направлениях; в резуль-

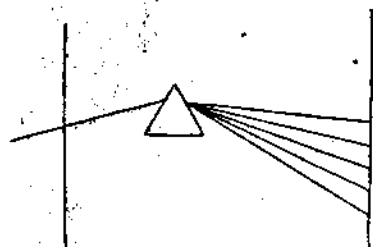


Рис. 22. Разложение белого луча призмой.

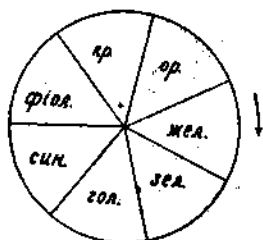


Рис. 23. Круг, разбитый на цветные полосы.

тате этого и получается вытянутая цветная полоса, которую Ньютон назвал *спектром*.

Многие и сами наблюдали, наверное, как солнечные лучи, проходя сквозь выпуклый стеклянный графин, дают на стене окрашенную полосу.

Но если белый луч является смесью ряда цветных лучей, на которые он и разлагается, то можно, очевидно, добиться и обратного: из соответствующих цветных лучей получить в результате луч белый. Ньютон проделал с этой целью один очень простой опыт, который всякий сравнительно легко может повторить самостоятельно.

Берется картонный круг, разбитый от центра на семь равных частей (рис. 23). Каждая часть круга окрашивается последовательно в фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета. Затем круг приводится во вращение. Пока круг вращается медленно, можно различать все семь цветов. При очень же быстром вращении все цвета сливаются, и круг кажется белым. Очевидно, что цвета, в которые окрашена каждая часть круга, быстро следуя один за другим, налагаются друг на друга, и смесь их воспринимается глазом как белый цвет.

Тем самым Ньютон доказал, что белый цвет, действительно, можно получить в результате смешения нескольких цветов.

Невидимые лучи света. Свет есть, как мы видим, одна из форм энергии. Когда световые лучи поглощаются, то вместо них должен возникнуть другой вид энергии; появляется обычно теплота. Но после того, как белый луч был разложен на несколько цветных лучей, возник вопрос: все ли лучи спектра обладают энергией, и если все, то как распределяется эта энергия между каждым из них.

Этим вопросом заинтересовался, между прочим, английский ученый, астроном Гершель, которому необходимо было выяснить, какие стекла удобнее употреблять для лучшего поглощения части солнечного света при наблюдении в астрономическую трубу неба. С этой целью Гершель воспользовался чувствительным термометром, зачерненным, чтобы больше поглощать тепло. Получив на стене солнечный спектр, Гершель стал вносить термометр в каждую часть спектра. В зависимости от того, какую температуру показывал термометр, можно было судить о количестве энергии тех или иных лучей

спектра. При этом оказалось, что, во-первых, все лучи обладают энергией, и, во-вторых, температура возросла при передвижении термометра от фиолетовой части спектра к красной. Отсюда следовало, что красные лучи обладают наибольшим запасом тепловой энергии, фиолетовые же наименьшим.

Когда Гершель перемещал термометр от фиолетового конца спектра к красному и продвинул случайно термометр за видимый край спектра, получилось неожиданное явление: несмотря на то, что термометр находился там, где уже не было никаких световых лучей, термометр продолжал нагреваться. Гершель приписал было это недоразумение порче термометра, но он оказался исправным. Оставалось признать (что Гершель и сделал), что, кроме видимых лучей, существуют еще лучи невидимые; спектр от разложенных солнечных лучей не ограничивается видимой полосой, но тянется и за красным концом этой полосы. Эти невидимые лучи Гершель назвал *инфра-красными*.

Мы рассмотрели ту часть пространства, которая лежит за красным концом видимого спектра. Обратимся теперь к другому его концу, к фиолетовому. Не трудно убедиться, что и за пределами фиолетового конца видимого спектра наблюдаются некоторые явления, зависящие от действия солнечного света. Так, некоторые химические вещества, способные светиться под влиянием фиолетовых лучей, сохраняют свое свойство, и будучи вынесены за пределы фиолетового конца спектра. Следовательно, за фиолетовой частью спектра, где наш глаз ничего уже не замечает, также существуют какие-то невидимые лучи, названные *ультра-фиолетовыми*. Лучи эти, хотя и невидимые, очень вредно влияют на глаза, ослабляя зрение.

Преломление и отражение света. Познакомимся еще с некоторыми свойствами видимых световых лучей.

Всем известно увеличительное стекло (лупа). Оно обладает свойством собирать лучи в одно место, где образуется вследствие этого настолько высокая температура, что можно зажечь папиросу, сделать ожог на теле и т. д. Объясняется это тем, что световые лучи, переходя из одного вещества в другое, изменяют свое направление. В данном случае лучи проходят из воздуха в стекло, там изменяют направление, затем пять выходят в воздух и собираются в одной точке.

Такое изменение направления световых лучей называется их *преломлением*. Разреженный воздух преломляет свет слабее обычного. Воздух над самоварной трубой или в теплый летний день над поверхностью земли нагревается неравномерно, поэтому и плотность его в разных местах различна. Если смотреть через слой такого воздуха на предметы, то очертания их расплываются и кажутся колеблющимися.

Световые лучи обладают еще одним свойством — *отражаться* от той поверхности, на которую они падают.

Когда смотрят в зеркало или в спокойную поверхность воды, то видят свое отражение. Лучи, исходящие от лица, упав на зеркало или на воду, отражаются обратно; при этом предметы, окрашенные в разные цвета, способны в различной степени отражать световые лучи. Всякий хорошо знает, что в комнате с белыми стенами гораздо светлее, чем, предположим, в комнате с серой окраской. По этой же причине осеую, когда перед окнами выпадает снег, в домах становится заметно светлее.

Внимательно наблюдая распространение световых лучей, можно определить, что они идут обычно по прямым линиям. При преломлении и отражении лучей меняется только их направление, распространяются же они все-таки прямолинейно.

Но в некоторых случаях бывает и не совсем так. Иногда световой луч идет и не прямолинейно. Когда лучи проходят через очень маленькие отверстия, они расходятся в разные стороны. Лучи как бы огибают стенки щели, распространяясь по непрямым путям. Объяснение такому явлению можно найти лишь в том случае, если допустить, что свет распространяется волнообразно.

Подобные случаи нередко наблюдаются и в природе. Когда в воздухе носится морозная пыль или стоит туман, вокруг солнца и луны распространяется как бы сияние в форме кругов. Такое же сияние можно видеть и вокруг уличных фонарей, если смотреть на них через замерзшие стекла. Лучи, огибая мельчайшие кристаллики снега и капли тумана, и создают тем самым такое сияние.

Факты эти, а их можно было бы привести гораздо больше, служат одним из наиболее веских доказательств того, что световые лучи распространяются не по прямым линиям, а в виде волн.

Как распространяются волны, хорошо можно видеть на поверхности воды. Интересно наблюдать в таких случаях, как на крутой берег набежит волна и, отразившись, идет обратно. Обратная волна встречается с идущими ей навстречу, и в результате получаются колебания, которые носят название *стоячих волн*.

Такие стоячие волны можно воспроизвести самим, закрепив один конец веревки неподвижно, другой же

приводя в колебание. На веревке получится ряд волн, бегущих к закрепленному концу, и другой ряд — идущих обратно. Слагаясь вместе, они и образуют так называемые стоячие волны. В одних пунктах бьют волны, в других же нет никакого движения.

Но если лучи света распространяются волнообразно, то, падая на какую-либо поверхность и встречаясь с лучами отраженными, они при некоторых условиях также должны давать стоячие волны. В конце прошлого столетия немецкий ученый Винер проделал опыт, который увенчался полным успехом. Лучи, падающие и отраженные, образовали стоячие волны. И когда Винер заснял их на чувствительной фотографической пластинке, то те места пластинки, куда попадали части стоячих волн, в которых происходит движение, почернели; там же, куда попадали части волн без движения, свет на пластинку не подействовал.

И этот опыт в неменьшей степени может служить доказательством того, что световые лучи распространяются волнообразно.

На опыте Винера и на ряде других опытов можно было определить длину волны светового луча. Оказывается, что лучи различного цвета имеют волны неодинаковой длины: наиболее длинные волны соответствуют красному цвету и наиболее короткие — фиолетовому. Инфра-красные лучи имеют длину волны большую, чем видимые красные, а ультра-фиолетовые — меньшую, чем видимые фиолетовые. Невидимые лучи служат, таким образом, по длине своих волн, как бы продолжением лучей видимого спектра. Длина световой волны чрезвычайно мала. Красный цвет имеет длину волны, равную $\frac{7}{10\,000}$ миллиметра, фиолетовый $\frac{4}{10\,000}$ миллиметра.

Но после того, как выяснилось, что при разложении солнечного света получается не только цветной спектр от видимых лучей, но что существуют, кроме того, и лучи невидимые, инфра-красные и ультра-фиолетовые, можно было предполагать существование и других невидимых лучей, нам еще неизвестных.

Что такое электромагнитные волны? Что такое свет? И, действительно, уже предварительные теоретические вычисления указывали на возможность существования новых невидимых лучей, длина волн которых должна быть больше длины волн всех известных лучей. Но те способы, которые служили для открытия невидимых инфра-красных и ультра-фиолетовых лучей, оказались непригодными для обнаружения этих еще неизвестных лучей. Знаменитый немецкий ученый Герц, который был уверен в существовании таких лучей и искал способа получения их, воспользовался с этой целью некоторыми свойствами электрических и магнитных явлений.

Действие электрического тока на сравнительно небольшом расстоянии можно было наблюдать уже в том опыте, когда в катушку с намотанной на ней проволокой вносилась другая проволока, согнутая спиралью. Если по согнутой проволоке пропускать электрический ток, то в обмотке катушки в момент вдвигания и выдвигания спирали возникает также ток. Герц воспользовался для своих исследований не током, идущим по пр воду, а электрической искрой, действие которой оказалось значительно сильнее. Опыт в основном состоял в следующем.

В промежутке *b* (рис. 24) между концами стержней, соединенных с источником электрического тока,

получались разряды в виде искр. Разряды эти создавали вокруг себя колебания, так называемые *электромагнитные волны*. Чтобы обнаружить их, необходимо было иметь чувствительный прибор. Герц приспособил для этого простое проволочное кольцо с маленьким разрывом (рис. 25). Когда этот несложный прибор вносился в пространство, где, по мнению Герца, должны были распространяться электромагнитные волны, в разрыве кольца можно было заметить искру. В кольце, следовательно, возникали электрические колебания. Но удачный результат получался лишь в том случае, когда подбиралось кольцо определенных размеров так, чтобы колебания и в приемнике и в возбuditеле происходили одинаковым образом.

Таким путем Герц доказал существование волн, которые возникают при электрических разрядах и могут передаваться на расстояние.

Своими опытами Герц доказал далее, что эти волны обладают теми же свойствами, которые присущи и световым волнам; они способны преломляться, отражаться и т. д. Скорость их распространения равна 300 000 километрам в секунду, т.-е. скорости света.

Поразительное сходство многих свойств световых волн и волн, полученных в опытах Герца, приводит к таким выводам: свет распространяется волнообразно; световые лучи проходят совершенно свободно не только в воздухе, но и в пустоте; свет от солнца и далеких звезд, прежде чем попасть на землю, пробегает громадные пространства, где не находится никакого вещества. Как при таких условиях можно объяснить распространение света?

Может быть два вероятных предположения; либо лучи света состоят из мельчайших частичек какого-

нибудь вещества, выбрасываемых во все стороны светящимся предметом; либо приходится допустить, что то пространство, которое мы считаем пустым, как между землей и солнцем, чем-то заполнено. Иначе трудно понять, каким образом свет, не являющийся веществом, может распространяться в пустоте.

Многие факты с достаточной убедительностью говорят за второе предположение. Приходится предполагать, что вся вселенная заполнена особым тончайшим веще-

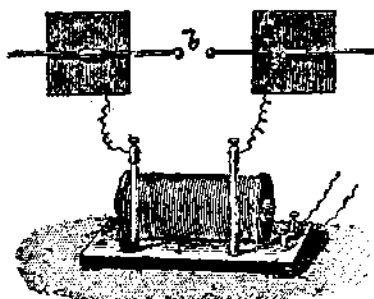


Рис. 24. Опыт Герца.



Рис. 25.
Приемник
в опыте
Герца.

ством, по своим свойствам резко отличающимся от свойств всех известных веществ. Вещество это предполагается настолько тонким и редким, что оно заполняет все промежутки между отдельными молекулами, атомами и электронами любого предмета; оно не поддается непосредственному исследованию. Это своеобразное вещество названо *эфиром*. Земля, солнце, планеты и звезды носятся, следовательно, в пространстве, заполненном эфиром.

Свет и является по этой теории волнообразным колебанием эфира. Когда эфир приводится в колебание, в нем возникают волны, распространяющиеся по

всем направлениям. В зависимости от характера колебания, волны эти могут быть различной длины. Достигая нашего глаза, волны колеблющегося эфира могут производить впечатление света. При чем глаз наш устроен таким образом, что он в состоянии воспринимать волны лишь определенной длины. Наиболее длинная волна, воспринимаемая глазом, дает впечатление красного цвета и наиболее короткая — фиолетового. Волны эфира, которые длиннее и короче указанных, глазом уже не воспринимаются; получаются невидимые лучи инфра-красные, длина волны которых больше, чем красных, и лучи ультра-фиолетовые с длиной волны короче фиолетовых. •

Колебания, получающиеся по способу Герца от электрических разрядов, образуют в эфире волны, достигающие, по сравнению с волнами видимых лучей, громадной величины — сотен и тысяч метров. Лучи от таких волн глазом уже не воспринимаются, но их можно улавливать специальными приемниками, как это проделал Герц.

Беспроволочный телеграф. Опыты Герца послужили толчком к развитию и усовершенствованию способов передачи на значительные расстояния таких волнообразных колебаний, производимых в эфире электрическими разрядами. На основе этих опытов создалась вся современная радио-техника.

В 1895 году русским ученым А. С. Поповым был изобретен прибор, при помощи которого 7 мая этого года была подана и принята без проводов первая телеграмма, состоявшая из двух слов: „Генрих Герц“. В следующем году такое же изобретение было сделано итальянским инженером Маркони. Эти изобретения положили начало радио-телеграфии, достигшей теперь громадных результатов.

Рентгеновские лучи. И, наконец, в 1895 году немецким ученым Рентгеном были открыты новые невидимые лучи, длина волн которых в несколько тысяч раз меньше длины волн лучей видимого света. Лучи Рентгена обладают способностью проникать через плотные предметы: через бумагу, картон, человеческое тело и проч.; кроме того, рентгеновские лучи действуют на фотографическую

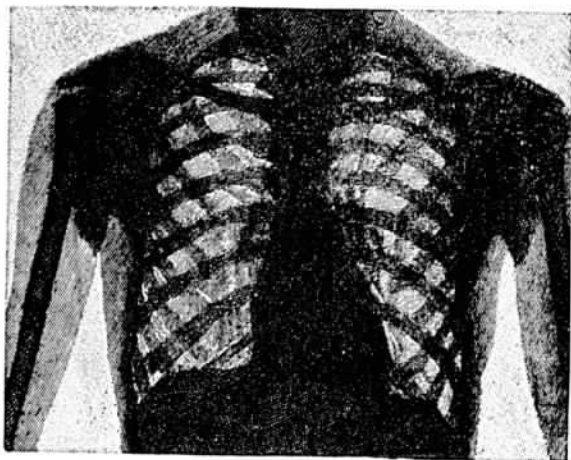


Рис. 26. Фотография, произведенная рентгеновскими лучами.

пластинку и вызывают свечение некоторых веществ. Они могут отражаться и преломляться, т.-е. имеют те же свойства, что и лучи видимого света. Кости меньше пропускают рентгеновские лучи, чем кожа и мускулы. Это обстоятельство дает возможность наблюдать скелет человека сквозь его внешний покров. На рис. 26 изображена фотография, снятая рентгеновскими лучами.

Разобранные здесь факты приводят к чрезвычайно интересным следствиям. Лучи видимого света, невидимые

инфра-красные и ультра-фиолетовые лучи, получающиеся при электрических разрядах, и, наконец, рентгеновские лучи по природе своей представляют одно и то же. Все они являются волнообразным колебанием эфира. Основное различие между этими лучами состоит в неодинаковой длине их волн.

Объединяется, таким образом, ряд явлений, которые с первого взгляда как будто не имеют между собой ничего общего. Электричество и свет имеют одно и то же происхождение. Существует лучистая энергия, связанная с колебаниями в эфире, и результатом этого колебания являются радио-волны, свет и рентгеновские лучи.

VIII. СОХРАНЕНИЕ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ.

Закон сохранения энергии. Мы рассмотрели наиболее важные виды энергии и разобрали главнейшие их свойства. Какие из всего этого можно сделать выводы?

Энергия постоянно меняет свои формы: из одного вида энергия переходит в другой. Работа движущегося предмета при трении и ударе приводит в более быстрое движение молекулы вещества, сама превращаясь при этом в теплоту. Теплота, получаемая из скрытой химической энергии топлива, производит, в свою очередь, механическую работу, приводя в движение станки и машины. Паровой двигатель или падающая вода вращают динамо-машины, которые создают электрический ток. Энергия тока переходит в свет и теплоту или превращается в механическую работу электромоторов. И так без конца.

Мы наблюдаем в природе различные виды энергии. Но теперь мы знаем, что все эти как будто отдельные, разрозненные виды энергии — теплота, свет, электричество, магнетизм и т. д. — являются лишь особыми формами одной и той же энергии. Мы можем наблюдать, как в природе происходит постоянное превращение энергии из одной формы в другую. И не только наблюдать. Мы в состоянии теперь сами производить такие превращения энергии в нашей практике. При этом мы видим, что некоторому количеству одной формы энергии

всегда соответствует определенное количество какой-либо другой ее формы. Таким образом можно, например, некоторое количество калорий теплоты выразить в килограмметрах работы, электрический ток выразить в калориях теплоты и наоборот. Мы можем точно так же измерить количество энергии, получаемой животным или растением, и выразить эту энергию в любой форме, например, в виде теплоты.

Но при всех своих многочисленных и разнообразных превращениях энергия не пропадает и не творится вновь. *Общее количество энергии во всем мире постоянно; существует только движение и изменение форм этой энергии.* Таков основной вывод, к которому пришла наука в середине прошлого столетия.

В 1842 году в одном из немецких научных журналов появилась статья, озаглавленная: „Замечания о силах неодушевленной природы“. Написал эту статью не ученый специалист, а скромный провинциальный врач небольшого городка Юлиус Роберт Мейер (рис. 27). Из содержания статьи видно, что вопрос о сохранении энергии был выяснен и охвачен Мейером со всех сторон.

Но профессионалы-ученые не обратили внимания на статью „какого-то“ провинциального врача. В следующем году на эту же тему сделал доклад английский физик Джауль. Сообщение Джауля возбудило к себе большой интерес. Лучшие ученые занялись разработкой этого вопроса. И в 1847 году появилось небольшое сочинение одного из величайших немецких физиков Гельмгольца, где вопрос о сохранении энергии излагался со всей математической точностью. Возник спор, кому принадлежит первенство открытия. О Мейере не говорили, на него не обращали внимания. Когда он попробовал заявить о своем первенстве, его выругали. Все это

в такой степени повлияло на Мейера, что он не выдержал и заболел нервной горячкой. После этого пошли разговоры, что Мейер страдает умопомешательством, и что его надо посадить в дом умалишенных. И Мейера туда посадили.

Все предыдущее развитие науки и техники своими ре-



Рис. 27. Роберт Мейер.

зультатами должно было приводить к мысли о законе сохранения и превращения энергии. И эта мысль была высказана почти одновременно несколькими лицами независимо друг от друга. Отсюда и спор.

Как материалист смотрит на природу. Наука не знает никаких таинственных сил ни в мертвой, ни в живой природе. И в этом смысле наука несовместима с религией. В живом

организме наука не находит какой-либо „души“ или „жизненной силы“, не находит резкой грани между живой и мертвой природой; одни и те же виды энергии, непосредственно изменяясь, действуют повсюду.

К. А. Тимирязев в своей книге „Жизнь растений“ так рассказывает о превращении энергии солнечного луча:

„Когда-то, где-то на землю упал луч солнца, но он упал не на бесплодную почву, он упал на зеленую былинку пшеничного ростка... он потух, перестал быть

светом, но не исчез. Он только затратился на внутреннюю работу, он рассек, разорвал связь между частицами углерода и кислорода, соединенными в углекислоте. Освобожденный углерод, соединясь с водой, образовал крахмал. Этот крахмал, превратясь в растворимый сахар, после долгих странствий по растению отложился, наконец, в зерне... В той или другой форме он вошел в состав хлеба, который послужил нам пищей. Он преобразился в наши мускулы, в наши нервы. И вот теперь атомы углерода стремятся в наших организмах вновь соединиться с кислородом, который кровь разносит во все концы нашего тела. При этом луч солнца, таившийся в них, ... вновь принимает форму явной силы. Этот луч солнца согревает нас. Он приводит нас в движение. Быть может, в эту минуту он играет в нашем мозгу".

Вещество и энергия никогда не творились. Есть только различные виды вещества и энергии и их постоянное движение и изменение. Таков *материалистический* взгляд на природу. Он покоится на всем опыте человеческой практики и на всех выводах науки, выросшей из этой практики.

Марксизм и кладет в основу своих взглядов на природу и на человеческое общество эту единственно научную материалистическую точку зрения.

Превращения энергии и будущее вселенной. Но нельзя ли подметить какую-либо закономерность в этом постоянном изменении и превращении энергии? Или этого нет?

Во все стороны от солнца непрерывно льется поток лучистой энергии. Крошечная доля этой энергии попадает на землю. Часть ее отражается от земли и часть ею поглощается, вызывая явления, происходящие в мер-

твой природе, создавая возможность существования животных и растений.

На земле происходит постоянное превращение энергии из одной формы в другую. Энергия является источником всякой работы. Но какие необходимы при этом условия, чтобы работа совершалась?

Вода, например, может производить работу лишь в том случае, если ее уровень в одном месте земли выше, чем в другом. Электрическая станция Волхов-строая лишь потому сможет использовать энергию р. Волхова, что имеется разность уровней воды. Если бы поверхность земли была совершенно ровной и если бы вода покрывала ее повсюду слоем одинаковой высоты, то эта вода не могла бы производить работу.

Паровая машина может работать потому, что в ее паровом котле получается высокая температура, в то время как в окружающем пространстве температура остается гораздо ниже. Теплота может производить работу лишь при тех условиях, если получается разница в температурах.

И любой вид энергии может совершать работу лишь в том случае, когда есть разница в уровнях положения двух предметов, разница в температуре и т. д., когда, как говорят, энергия обладает в различных местах различным *напряжением*.

При этом необходимо обратить внимание на такое явление.

Допустим, что работает паровая машина. Как бы хорошо ни были прилажены все ее части и как бы хорошо ни была смазана вся машина, между отдельными частями машины всегда происходит трение. Машина от трения нагревается, получается теплота. Некоторая часть той энергии, которая выделяется при горении

топлива, вместо того, чтобы давать полезную работу, переходит в бесполезную тепловую энергию от трения.

Далее. Двигается поезд, или работает паровая машина завода, и вертятся все станки. Но вот поезд пришел на станцию, или на заводе кончили работу, и остановились машины. Пока работали паровые машины завода или паровоза, в топках сгорало топливо, и выделялось, следовательно, много тепла, выделялась энергия. Энергия эта приводила в движение поезд и станки завода. Теперь поезд и станки стоят. Куда же девалась вся эта энергия топлива?

Мы только что видели, что во время работы любой машины происходит трение, и часть энергии бесполезно переходит при этом в теплоту. Но трение происходит не только в самой машине. При движении поезда трутся колеса о рельсы, трутся втулки колес об оси и т. д.; при движении поезда происходит трение всего состава о воздух. Когда работают станки, получается трение между их частями; в токарном станке, например, получается также трение между резцом и обрабатываемым предметом и т. д. И, наконец, что происходит при остановке машин? Чтобы остановить поезд, пускают в ход тормоза. Происходит сильное трение тормозных колодок о колеса, возникает большое количество тепла. Постепенно вся энергия движения поезда переходит в теплоту от трения, и поезд останавливается. То же самое происходит и при остановке станков на заводах.

Таким образом, остановка любой машины, любого движущегося предмета (парохода, трамвая, аэроплана и т. д.) означает полный переход энергии движения в теплоту, получающуюся вследствие трения. Энергия движения любой машины в конце концов целиком переходит в энергию тепловую.

И это относится ко всем видам энергии во вселенной. Все виды энергии имеют стремление переходить в энергию тепловую. Энергия движущегося предмета переходит в тепло при всяком ударе и трении. Лучистая энергия почти всегда целиком превращается в энергию тепловую. Электрический ток нагревает те проводники, через которые он проходит. Химическая энергия чаще всего превращается в теплоту (горение и те процессы, которые происходят в теле животного и человека).

Теплота же переходит от предметов более нагретых к предметам менее нагретым и распространяется повсюду равномерно. Но если все предметы нагретятся одинаково, теплота не сможет уже производить работы. Для этого, как мы видели, необходимо, чтобы в различных местах существовала различная температура.

Если все виды энергии превратятся в конце концов в теплоту, и она рассеется равномерно по всему пространству, тогда, очевидно, должно замереть всякое движение, всякая жизнь. Мир ожидает, как будто, тепловая смерть.

Но тут поднимают свой голос все те, кто мечтает еще доказать с помощью науки сотворение мира. Нельзя согласиться, — заявляют они, — с тем, что мир существует вечно: ведь, если было бы так, то энергия уже давно должна была бы рассеяться, и мир погибнуть тепловой смертью; а этого нет; следовательно, мир когда-то и кем-то был сотворен.

Мы не имеем еще по этому вопросу точного и ясного ответа от науки. Но новейшие исследования в области учения о рассеивании энергии, подтверждающиеся астрономическими наблюдениями, говорят за то, что тепловая смерть не обязательна для мира. Эти исследования объясняют не только причину будущей гибели

солнечной системы, но и причины возникновения новых миров. Изучение звездного мира показало, что звезд молодых, только разгорающихся, приблизительно столько же, сколько и потухающих. Мы наблюдаем гибель, затухание отдельных звезд и звездных миров, но вместе с тем мы знаем, что на ряду с гибелью одних миров нарождаются новые.

Проходят миллионы лет, пока на какой-нибудь планете создадутся условия, необходимые для жизни живых существ. Бесчисленное количество этих существ рождается и погибает до того времени, когда из их среды смогут развиваться мыслящие животные и в числе их, как это есть на нашей земле, человек. Но наступает срок, когда и они должны погибнуть.

Мы все же должны быть уверены, что если все живое на земле когда-либо погибнет, то создадутся условия для новой жизни, для новых живых существ где-нибудь в другом месте и в другое время.

IX. ИСТОЧНИКИ И ЗАПАСЫ ЭНЕРГИИ. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ.

Вопрос о формах энергии и ее запасах имеет и громадное практическое значение.

Работа паровых машин, двигателей внутреннего сгорания, динамо-машин и проч. является одним из тех фундаментов, на основе которого развивается вся промышленность и тесно связанное с ней сельское хозяйство. Достаточно привести лишь несколько самых общих цифр, характеризующих использование доступных для современной техники видов энергии, чтобы судить о всем значении ее для мирового хозяйства.

Общая мощность всех двигателей на земном шаре равняется приблизительно 600 миллионам лошадиных сил. Можно подсчитать, какое количество людей потребовалось бы для того, чтобы заменить работу всех этих двигателей человеческой работой. Мощность, развиваемая человеком, равна в среднем одной десятой лошадиной силы. Каждая лошадиная сила двигателя требует, следовательно, для своей замены 10 рабочих. Если же считать работу двухсменной, то нужно уже 20 рабочих.

Население всего земного шара считается равным, примерно, 1600 миллионам человек, и из них работоспособных приблизительно половина, т.-е. 800 миллионов человек. Для замены же всех двигателей потребовалось бы много больше: на 600 миллионов лошадиных сил по 20 человек

на каждую, или всего 12 000 миллионов. Ровно в 15 раз больше того, сколько имеется в настоящее время работоспособного населения на всей земле.

Все эти двигатели распределены, конечно, не равномерно. В наиболее передовой капиталистической стране Америке (С.-А. С. Ш.) работа двигателей, примерно, в 50 раз превышает работоспособность населения этого государства. Двигатели нашего Союза совершают работу, по подсчету некоторых специалистов, только вчетверо превосходящую работоспособность всего населения.

Лишившись почему-либо этого, человечество могло бы производить ценностей в 15 раз меньше, и тем самым понизилась бы соответственно его материальная обеспеченность.

Мировые запасы энергии. На современной ступени развития производительных сил важнейшими источниками энергии, поддающимися использованию, являются все виды топлива, вода и ветер.

Все использующиеся мировые запасы энергии можно подразделить на два вида. Во-первых, запасы невозобновляемые; такими будут — источники нефти, залежи угля и некоторая часть торфа. И, во-вторых, запасы постоянно возобновляемые; сюда относятся ежегодный прирост древесины, торфа и соломы, водные силы и силы ветра.

Сколько-нибудь точный учет запасов всех видов энергии чрезвычайно труден. Прежде всего, не вся поверхность земного шара исследована с необходимой для этого тщательностью. Затем, такие источники, как сила ветра, до сих пор еще не поддаются достаточно удовлетворительному учету. И, наконец, надо иметь в виду те коммерческие тайны конкурирующих между собой трестов, синдикатов и проч., которые неизбежны при системе капиталистического хозяйства.

Глава девятая

Поэтому об общих запасах энергии на всем земном шаре можно говорить только приблизительно, основываясь на далеко не полных и не совсем точных данных.

Приведем цифры, характеризующие мировые запасы всех видов энергии.

	Мировые запасы.		СССР.	
	Невозобновляемые:	Мил- лиард. тонн.	Мил- лиард. тонн.	% %
Угли		5600	394	7
Нефть		11	4	37
Торф		215	169	78
Итого		5826	567	10
Возобновляемые				
Торф		50	39	78
Дрова		340	63	18
Солома		37	7	18
Ветер		826	69	8
Водные силы		374	31	8
Итого		1627	209	13
Всего		7453	776	10½

Общая сводка мировых запасов энергии приводит к таким выводам.

В ряду невозобновляемых источников энергии преобладающее значение принадлежит ископаемым углям, дающим 96% всех запасов; второстепенное место занимает торф и совершенно ничтожна роль нефти — 0,2%.

Из возобновляемых источников энергий первое место принадлежит ветру; почти такое же значение имеют в общей сложности дрова и водные силы; и невелико сравнительно значение прироста соломы и торфа.

Таким образом, основой мирового хозяйства является каменный уголь. Запасов нефти должно хватить на

сравнительно небольшой срок. Водные же силы составляют сравнительно незначительную часть по отношению ко всем источникам энергии.

Мировая конференция об использовании энергии. Перед мировым хозяйством становится важнейшая задача общего учета и наиболее экономного и целесообразного потребления существующих запасов энергии.

Этим вопросом давно уже начали интересоваться наиболее быстро развивающиеся в промышленном отношении капиталистические страны. Мировая война и связанная с ней разруха в чрезвычайной степени обострили этот наболевший вопрос. С одной стороны, это еще больше усилило и без того непрекращавшуюся империалистическую борьбу за главнейшие источники энергии — нефть и уголь. С другой же стороны, была проделана громадная техническая работа в смысле улучшения сжигания топлива, использования малоценных сортов угля, передачи на более далекие расстояния электрической энергии и т. д.

И, несмотря на все противоречия, раздирающие мировое хозяйство, капиталистические государства делают попытки совместного подведения итогов и выяснения результатов тех технических достижений в области использования энергии, которые были получены за последнее время. Одной из таких попыток была первая всемирная конференция по вопросам энергетики, собранная по почину Англии в конце 1924 года.

Причины, побудившие Англию на созыв такой конференции, понятны: крупнейшие заводы Англии были загружены далеко не полно, разрасталась безработица, усиливалась конкуренция Америки. И Англия решила собрать и использовать весь мировой опыт в технике

получения энергии, что должно было послужить одним из средств к завоеванию рынков сбыта для ее электро-технической и металлургической промышленности.

На конференции был собран богатейший фактический материал. Было вынесено несколько никого не обязывающих резолюций о более экономном использовании энергии „при условии индивидуального¹ благосостояния всех“. Один из основных итогов конференции был подведен представителем английской делегации, Хорном. Он заявил: „Общезвестно, что в результате войны Европа оказалась в очень тяжелом положении. Огромные ценности были уничтожены, исчерпывая накопления прежних лет, и даже вне Европы много стран обеднело. Интересно сравнить положение мира теперь с тем, которое создалось после наполеоновских войн.

Раны, нанесенные наполеоновскими войнами, были залечены развитием добычи каменного угля, использованием пара и механизацией производства, чем не только были восстановлены потери военного периода, но положено начало быстрому подъему мирового хозяйства.

Где нам сегодня искать путей спасения мира от разрушений?

Единственное практическое разрешение проблемы заключается в развитии применения электрической энергии“.

Выход из создавшегося послевоенного тупика заключается, по мнению Хорна, в электрификации всего хозяйства.

Когда-то развитие паровой машины было одной из причин первоначальной концентрации промышленности,

¹ Личного.

т.-е. объединения производства на наиболее крупных и лучше оборудованных предприятиях. Лишь на основе парового хозяйства были сломлены все препятствия к переходу от ремесленного производства средних веков к современным фабрикам и заводам. Замкнутое местное производство перерастало в производство, работающее на все более и более расширяющийся рынок.

Но уже в конце XIX века на сцену выступает электричество. Получение электрической энергии от самых разнообразных видов топлива, от работы падающих вод и движущегося ветра, передача электрического тока мощными электропроводами на многие сотни километров, усовершенствование динамостроения, турбинного дела и двигателей внутреннего сгорания, успехи электрометаллургии и электро-химии создают условия и вынуждают все мировое хозяйство перестраиваться на новой электрифицированной основе.

Ослабляется монопольное положение владельцев каменноугольных залежей и нефтеносных земель. Собственники металлургических и других предприятий приобретают возможность использовать новые источники энергии в таких участках, куда до этого не направлялось их внимание. Революционизирующие способы, вносимые электричеством в добывание и обработку цветных металлов — алюминия, меди и др., выдвигая одни отрасли промышленности и отбрасывая в разряд устарелых другие, создают бешеную конкуренцию между отдельными группами капиталистов.

Электрификация частно-капиталистического хозяйства идет стихийно, порой с заминками и задержками, встречая сопротивление влиятельных и многочисленных групп, собственническим интересам которых угрожает плано-

мерное распространение электрификации на все народное хозяйство. И, несмотря на это, вся производственная обстановка вынуждает современные капиталистические страны становиться на путь всемерного использования электрической энергии.

Но эта же производственная обстановка, при которой становятся чрезвычайно ясными все выгоды единого планового хозяйства, служит в то же время могучим побуждением в классовой борьбе пролетариата за обобществление средств производства.

Паровая техника, создавшая современные фабрики и заводы, еще могла мириться с раздробленностью и обособленностью отдельных предприятий. Техника же XX века на основе электрификации, явным образом, не в состоянии нормально развиваться в узких рамках частной собственности. Массовое производство, выросшее до гигантских размеров, требует однотипности и упрощенности в выработке самих товаров. Необходимость сознательного планирования всего хозяйства, все с возрастающей силой выдвигает требование национализации промышленности.

Электрифицирование капиталистического хозяйства создает, таким образом, глубокое внутреннее противоречие. Оно поднимает производительность труда, дает возможность наиболее целесообразно вести все хозяйство, повышает в конечном итоге прибыль предпринимателей. Но в то же время электрификация страны создает сравнительно небольшое число центральных электрических станций, питающих своей энергией все отрасли хозяйства. Во время забастовок остановка таких станций грозит полным параличом всей жизни страны. Кроме того, объединяя производство в громадных предприятиях, электрификация сближает и спла-

чивает пролетариат, увеличивая тем самым его силы в классовой борьбе.

Источники и запасы энергии в СССР. Подобным противоречиям нет, разумеется, места у нас. Победа пролетариата позволила ставить вопросы планирования хозяйства во всей их широте. И мы имеем возможность электрифицировать страну по плану, свободному от интересов и конкуренции частно-капиталистических хозяйств.

Обратимся теперь к тем источникам и запасам энергии, которые имеются в нашем Союзе.

Общие запасы всех сортов угля в СССР таковы:

Районы.	Миллиарды тонн.	%
Сибирь	342	68
Донецкий район	60	14
Подмосковный район . .	8	2
Прочие районы	18	4
Итого	428	100

По сортам углей.

Антрацит	54	13
Каменные угли	354	83
Бурые угли	15	3
Богхеты	3	1/2
Сланцы	2	1/2
Каменные угли и сланцы	428	100

Распределяются эти запасы, как видно из таблицы чрезвычайно неравномерно. На долю европейской части Союза приходится лишь 16% всего количества; главная же масса углей находится в азиатской части.

Глава девятая

Запасы нефтяных источников распределяются по районам следующим образом:

Р а й о н ы .	Милл. тонн	%,
Кавказский район	2442	85
Уральский район	262	9
Сахалин	98	3
Прочие районы	82	3
Итого	2884	—

В противоположность углям, основная масса нефтяных запасов находится в европейской части Союза; на долю же азиатской части приходится совершенно незначительное количество нефти.

Из общих мировых запасов СССР принадлежит 37½% всей нефти. Советский Союз занимает первое место в мире по своим нефтяным запасам. И, по мере истощения мировых источников нефти, положение Союза должно в этом отношении становиться с каждым годом все более благоприятным. Это обязывает нас относиться с большим вниманием к нашим нефтяным месторождениям, являющимся одним из главнейших союзных богатств.

Как ни одна страна в мире, Союз обладает обширными площадями торфяников. Залежи торфа в азиатской части почти не изучены, и общие размеры их не учтены хоть сколько-нибудь точно. Весьма приблизительно общие запасы торфа оцениваются цифрой в 340—350 миллиардов тонн, с ежегодным приростом около 800 миллионов тонн. В настоящее время годовичная добыча торфа в Союзе достигает лишь трех десятых процента от общего прироста всех торфяников. Таким образом, происходит не истощение, а ежегодный прирост и накопление торфяных запасов.

Значение водных сил довольно скромно. В обеих частях Союза предполагаемая мощность водных сил выражается в таких цифрах:

В европейской части СССР . . .	21 505 тыс. лош. сил.
„ азиатской „ „ . . .	40 675 „ „ „
Итого	62 380 тыс. лош. сил.

Это дает не больше 4⁰/₀ от общих запасов.

И, наконец, в течение долгого срока большое значение в хозяйстве Союза будут иметь *дрова и солома*. Площадь всех лесов составляет около 790 миллионов десятин. Количество соломы, употребляемой ежегодно в качестве топлива, не меньше 20 миллионов тонн.

Таким образом, в общих запасах энергии первое место принадлежит углям, которые должны будут служить главной основой нашего хозяйства. Второе место занимает торф, разработка которого имеет поэтому чрезвычайно важное значение. И весьма небольшую роль играют водные силы.

Таков фундамент, на основе которого мы сможем электрифицировать страну.

Электрификация СССР. Происходит борьба двух систем: системы социалистической и системы капиталистической. Мы должны сделать страну экономически самостоятельной. Для этого необходимо всеми силами разворачивать нашу промышленность.

Развитие же современной электротехники самым тесным образом связывается с развитием всей промышленности. Особенное значение при этом имеет рост тяжелой промышленности.

Но перед нашей страной, с преобладающей массой крестьянских хозяйств, кроме необходимости развития

промышленности, стоит и другая грандиозная задача — уничтожить экономическую и культурную пропасть между городом и деревней.

Новая деревня должна будет сама принимать непосредственное участие в переработке сельскохозяйственных продуктов. Промышленность не сможет, по крайней мере в ближайшем будущем, впитать в себя все свободные силы перенаселенной деревни. Необходимо, поэтому, повышать технику сельского хозяйства, создавая тем самым возможность для применения свободного крестьянского труда. И в этом поднятии экономического и культурного уровня деревни одно из важнейших мест принадлежит электрификации.

Электрические сети позволяют увязывать в одно целое миллионы производителей, разбросанных на громадном пространстве. Провода электропередач, двигая крестьянские установки, разрушают замкнутость и ограниченность отдельных хозяйств. Создаются условия для непосредственного перехода к социализму.

„Посмотрите,—говорил *В. И. Ленин*,—на карту РСФСР. К северу от Вологды, к юго-востоку от Ростова-на-Дону и от Саратова, к югу от Оренбурга и от Омска, к северу от Томска идут необъятнейшие пространства, на которых уместились бы десятки громадных культурных государств. И на всех этих пространствах царит патриархальщина, полудикость и самая настоящая дикость. А в крестьянских захолустьях всей остальной России? Везде, где десятки верст проселка — вернее, десятки верст бездорожья — отделяют деревню от железных дорог, т.-е. от материальной связи с культурой, с капитализмом, с крупной промышленностью, с большим городом? Разве не преобладает везде в этих

местах тоже патриархальщина, обломовщина,¹ полудикость?

Мыслимо ли осуществление непосредственного перехода от этого преобладающего в России состояния к социализму? Да, мыслимо до известной степени, но лишь при одном условии, которое мы знаем теперь, благодаря одной громадной и завершенной научной работе, точно. Это условие — электрификация. Если мы построим десятки районных электрических станций (мы знаем теперь, где и как их построить можно и должно), если мы проведем энергию от них в каждое село, если мы добудем достаточное количество электромоторов и других машин, тогда не потребуется переходных ступеней, посредствующих звеньев от патриархальщины к социализму, или почти не потребуется. Но мы прескрасно знаем, что это „одно“ условие требует, по меньшей мере, десяти лет только для работ первой очереди; а сокращение этого срока мыслимо, в свою очередь, лишь в случае победы пролетарской революции в таких странах, как Англия, Германия, Америка“. (Ленин. „О продовольственном налоге“.)

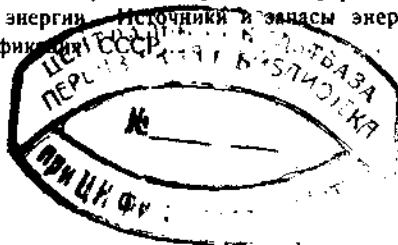
„Коммунизм это есть Советская власть плюс электрификация всей страны“.

Надо не только помнить и повторять эти слова, но и учиться понимать все их глубокое содержание.

¹ Обломовщина — застой, бездеятельность.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
I. Солнце. Работа ветра и воды. Ветер и вода. Круговорот воды	3
II. Сила, работа и энергия. Что такое сила? Что такое работа и ее мощность? Что такое энергия?	8
III. Энергия в скрытой и явной форме	15
IV. Теплота. Как устроено вещество? Что такое теплота?	18
V. Энергия в растениях и животных. Химическая энергия. Горение. Дыхание и гниение. Роль растений в дыхании и горении. Хорошо ли растения используют солнечную энергию? Искусственное использование энергии солнца. Пища — источник энергии человека и животных. Что такое химическая энергия?	31
VI. Электричество и магнетизм. Получение электрического тока. Превращение теплоты в электричество. Магнит и его свойства. Действие электрического тока на магнит. Действие магнита на электрический ток. Фарадей. Как устроена динамо-машина. Передача электрической энергии на расстояние. Применение электрического двигателя. Электрическое освещение. Применение электричества в металлургии. Что такое электрический ток?	46
VII. Свет. Лучистая энергия. Разложение луча. Невидимые лучи света. Преломление и отражение света. Что такое электромагнитные волны? Что такое свет? Беспроволочный телеграф. Рентгеновские лучи.	77
VIII. Сохранение и превращение энергии. Закон сохранения энергии. Как материалист смотрит на природу? Превращения энергии будущее и вселенной	92
IX. Источники и запасы энергии. Электрификация. Мировые запасы энергии. Мировая конференция об использовании энергии. Источники и запасы энергии в СССР. Электрификация СССР	100



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО РСФСР
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

V

„НАУКА ДЛЯ ВСЕХ“

Вагнер, Ю., пр. RLST

Изд. 4-е. С.

Конобеевский, С

в воздухе. I

Константинова,

Стр. 72. Ц.

Лебедев, Н. К. — Как произошла земля и сколько ей лет.
Стр. 30. Ц. 20 к.Львов, В. — Жаркие страны. Рассказы о растениях, животных
и дикарях тропических стран. Изд. 3-е. Стр. 124. Ц. 80 к.Львов, Вл. — Каменный уголь, как он образовался и как
его добывают. Изд. 8-е. Стр. 73. Ц. 40 к.Львов, Вл. — Кометы и падающие звезды. Изд. 5-е, вновь
просмотр. Стр. 40. Ц. 25 к.

Львов, Вл. — Самоеды. Очерк. Изд. 7-е. Стр. 49. Ц. 25 к.

Львов, Вл. — Северный край Европейской России. Изд. 2-е,
дополн. Стр. 83. Ц. 20 к.Нансен, Ф. — На крайнем севере. Жизнь эскимосов. Сокращ.
перев. О. Н. Поповой. Изд. просм. А. А. Кру-
бером. Стр. 68. Ц. 40 к.Новорусский, М. В. — Известь в природе и технике. Стр. 70.
Ц. 25 к.Порецкий, С. А. — Как растения защищаются от своих
врагов. Изд. 2-е, просмотр. проф. Л. И. Курсано-
вым. Стр. 59. Ц. 20 к.Порецкий, С. А. — Как растения защищаются от засухи,
сырости и холода. Стр. 24. Ц. 20 к.Порецкий, С. А. — Растения-дармоеды. Изд. 3-е. Под ред.
проф. Л. И. Курсанова. Стр. 77. Ц. 25 к.Ройтман, Д. М. — Форма и движение земли. Общедост.
очерки из области астрономии. Изд. 2-е, просмотр.
проф. С. Н. Блажко. Стр. 79. Ц. 15 к.Федяевская, В. — Мертвый город Хара-Хото, открытый
русс. путешеств. П. Н. Козловым. Стр. 36. Ц. 25 к.Чижев, Е. — Тайны и чудеса вселенной. Рассказы о земле и
небе, о разных странах, о земном шаре, о звездах и пла-
нетах. Изд. 7-е, пер. с мног. рисунк. Стр. 190. Ц. 1 р. 20 к.Шведов, М. С. — Откуда берутся чугун и железо. Изд. 2-е.
Стр. 37. Ц. 12 к.Шмидт, П. Ю. — Животные за рубежом. С 28 рис. Стр. 61.
Цена 30 к.

бесных светилах.

оде и как остаются

у земледельца.

Депозитарий

0000000502787