XV. 6a
K. 262.
ATEp.

3P01685

5 ИЮН

ДГПБ

ЭР01685

ДВГНБ

ЭР01685

ДВГНБ

ЭР01685

В. КАРПЕНТЕРЪ.

ЭНЕРГІЯ ВЪ ПРИРОДѢ.

ПУБЛИЧНЫЯ ЧТЕНІЯ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО.

СЪ 81 РИС. ВЪ ТЕКСТѢ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
ИЗДАНІЕ Л. Ф. ПАНТЕЛѢЕВА.
1885.

ДВГНБ
Б
13791
ЭР01685
ДВ государственная научная библиотека

ДВГНБ

ЭР01685

5:53
К-24
XV, 6а
К-262

В. КАРПЕНТЕРЪ.

ЭНЕРГІЯ ВЪ ПРИРОДѢ.

147940
инв. 6482
БИБЛІОТЕКА Е.К. ДЕРЯГИНОЙ БЫВШ. ВОЛЬФЪ
ЛГБИБ
Л.Б. КРАЕВАЯ НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

ПУБЛИЧНЫЯ ЧТЕНІЯ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО.

СЪ 81 РИС. ВЪ ТЕКСТѢ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
ИЗДАНІЕ Л. Ф. ПАНТЕЛѢЕВА.
1885.

ЭР01685

ДВГНБ

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ. 13 Августа 1885 года.

Въ типографіи В. Безобразова и Комп. (Вас. Остр., 8 л., № 45).

ЭР01685

ОГЛАВЛЕНІЕ.

		стр.
Глава I.	Матерія и движеніе, сила и энергія	1
» II.	Теплота — одна изъ формъ движенія	27
» III.	Химическое притяженіе и въ частности горѣніе . . .	54
» IV.	Электричество	76
» V.	Магнетизмъ и электричество	111
» VI.	Энергія въ органической природѣ	151

ДВГНБ

ЭР01685

Проверено
1940 г.

ДВГНБ

ЭР01685

БИБЛІОТЕКА
Е.К.ДЕРЯГИНОЙ
ВЫШ. ВЛАДИМ.

ЭНЕРГІЯ ВЪ ПРИРОДѢ.

ГЛАВА I.

Матерія и движеніе; сила и энергія.

Нѣкоторыя изъ такъ называемыхъ «силъ природы» извѣстны намъ; къ числу ихъ принадлежатъ, напримѣръ, тяжесть, химическое притяженіе или сродство, электричество, теплота. Прежде чѣмъ начать изученіе ихъ, надобно ясно и сильно сказать, что эти такъ называемыя силы не предметы, существующіе сами по себѣ, какъ сами по себѣ существуютъ, напримѣръ, песокъ, лѣсъ и т. д. Мы знаемъ и можемъ изслѣдовать силы природы только по ихъ дѣйствіямъ на тѣла, или, выражаясь точнѣе, на матерію. Нѣтъ предмета, который могли бы мы взять въ руки и сказать: «это — электричество» или «это теплота», въ томъ смыслѣ, какъ говоримъ: «это — желѣзо» или «это глина». О такъ называемыхъ силахъ природы справедливо выражаются: это «настроенія» матеріи. Отношенія человѣка къ окружающимъ его предметамъ измѣняются съ настроеніемъ, въ какомъ находится онъ; подобно тому и отношенія предмета природы къ непосредственно окружающимъ его предметамъ измѣняются сообразно настроенію этихъ предметовъ или ихъ дѣйствованію другъ на

ЭР01685

друга. Напримѣръ, свинцовую пулю вѣсомъ въ унцію можно держать въ рукѣ; она будетъ производить ощущенія вѣса и металлической холодности, но за исключеніемъ этого, будетъ находиться въ бездѣйственномъ настроеніи. Если расплавимъ ее въ желѣзной ложкѣ, вѣсъ ея не измѣнится; но до нея нельзя будетъ дотрогиваться безнаказанно, она будетъ въ очень разгоряченномъ настроеніи. А если вмѣсто того, чтобы расплавить ее, выстрѣлимъ ею изъ ружья, она будетъ все та же свинцовая пуля, но въ очень разрушительномъ настроеніи. Наконецъ, если подвергнуть ее вліянію электрическаго тока, она окажется дѣйствующею на желѣзо или сталь совершенно какъ магнитъ, и можно будетъ сказать, что она теперь въ притягивающемъ настроеніи.

Мы говорили о «силѣ» и о «силахъ природы». Пока теплота, химическое притяженіе, электричество, магнетизмъ и т. д. считались разными силами, и предполагалось, что онѣ существуютъ отдѣльно отъ предметовъ (почему и давалось имъ названіе «невѣсомыхъ», то есть, тѣлъ не имѣющихъ вѣса), можно было довольствоваться терминомъ «сила». Но когда мало по малу развилась мысль, что всѣ эти такъ называемыя силы лишь разныя проявленія *способности производить работу* (то есть, перемѣну въ чемъ нибудь), и что эта способность находится въ самой матеріи или дѣйствуетъ черезъ нее, то стала ощущаться надобность въ общемъ терминѣ, который обнималъ бы собою всѣ эти «силы», и было принято слово «энергія», какъ терминъ, болѣе точнымъ образомъ выражающій это основное понятіе. Итакъ, энергія—*способность производить работу*, въ точномъ научномъ смыслѣ термина. Этимъ терминомъ высказывается цѣлая мысль. Понять мысль, заключающуюся въ немъ, поможетъ намъ разборъ содержанія, заключающагося въ выраженіи «энергическій человѣкъ». Мы не знаемъ въ точности, что такое энергія; но мы при-

ЭР01685

знаемъ ее за фактъ въ ея разнообразныхъ формахъ, подобно тому, какъ признаемъ за фактъ жизнь (относительно которой тоже не знаемъ, что такое она въ своей сущности). И какъ увидимъ, можемъ съ очень большою точностью измѣрять ее. И такъ, по этому воззрѣнію, всѣ такъ называемыя силы природы или разныя настроенія, въ какихъ находится матерія, считаются разными видами энергіи, способной принимать разныя формы и быть перемѣняемою изъ одной формы въ другую посредствомъ прибора, устраиваемаго съ этою цѣлью человѣкомъ, но не создаваемой вновь и не уничтожаемой никакими человѣческими средствами. Выраженіемъ этой мысли служитъ новый научный терминъ «сохраненіе энергіи» (замѣнившій собою прежній терминъ «сохраненіе силъ»). Изложеніе этой мысли будетъ предметомъ слѣдующихъ страницъ, а чертежъ, фигура 2 (на страницѣ 9) предназначенъ передать ее зрѣнію.

Остановимся на минуту надъ разборомъ значенія термина «сила». Нѣсколько подумавъ о немъ, мы найдемъ, что если мы хотимъ привести что нибудь въ движеніе или остановить что нибудь движущееся, необходима для этого сила. Усиліе, надобное для того, чтобы бросить или поймать шаръ при игрѣ въ крокетъ, дѣйствіе локомотива и тормаза въ желѣзнодорожномъ поѣздѣ служатъ знакомыми всѣмъ примѣрами того. Слѣдовательно, силу можно опредѣлить такъ: это всякая *причина измѣняющая или стремящаяся измѣнить естественное состояніе неподвижности тѣла или его однообразнаго движенія по прямой линіи*; намъ надобно будетъ помнить, что подъ состояніями неподвижности и движенія, о которыхъ говорится въ этомъ опредѣленіи, должно понимать не только молярныя, но и молекулярныя состоянія, то есть не только неподвижность или движеніе тѣла, какъ одного цѣлаго, но и происходящее въ тѣлѣ движеніе составляющихъ его очень

ЭР01685

маленькихъ частицъ или молекулъ (смотри страницы 15—17). Есть очень твердое основаніе думать, что всѣ разнообразныя энергіи природы: свѣтъ, теплота, электричество, магнетизмъ и проч. происходятъ отъ разныхъ видовъ молекулярнаго движенія. Профессоръ Тиндаль нѣсколько лѣтъ тому назадъ написалъ книгу: «Теплота, разсматриваемая какъ видъ движенія». Профессоръ Гьюзъ (Hughes) недавно (въ февралѣ 1883 г.) показывалъ Королевскому Обществу Наукъ очень любопытные опыты, повидимому подтверждающіе давнюю мысль сэра Уильяма Томсона и другихъ, что магнетизмъ другая форма молекулярнаго движенія. Проволока, по которой проводится электрическій токъ не подвергается отъ этого никакой перемѣнѣ въ вѣсѣ, и, если она достаточно толста (Глава IV), нисколько не измѣняется ни въ чемъ и по виду; но при извѣстныхъ условіяхъ (напримѣръ, въ динамической машинѣ, Глава V) она можетъ производить не только молекулярное, но и то, знакомое всѣмъ намъ, такъ называемое механическое движеніе.

Изъ этого ясно, что силу мы можемъ знать только по ея дѣйствію на матерію и что она точно такъ же не «вещь» (въ обыкновенномъ смыслѣ слова), какъ величина банковаго процента не сумма денегъ и процентное отношеніе рожденій къ населенію не число дѣтей, рождающихся въ теченіе года. Сила просто выраженіе величины или скорости съ какою происходитъ перемѣна въ матеріи. Въ чемъ состоитъ сущность или первоначальная причина силы, это вопросъ, рѣшать который не берется наука.

Итакъ, термины «энергія» и «сила» значатъ не совершенно одно и то же; и очень важно понять и помнить различіе между ними. Энергія выражаетъ сочетаніе двухъ разныхъ понятій, а сила только одно. Опредѣленіе энергіи — «способность производить работу»; а работа—это сила, про-

ЭР01685

чувствъ». Но есть нѣкоторые виды или нѣкоторыя состоянія матеріи, дѣйствующія на наши чувства такъ, что намъ для ощущенія этихъ дѣйствій необходимо увеличить впечатлительность нашихъ «пяти воротъ познаванія» особенно приспособленными для того приборами. Такъ, напримѣръ, чувству зрѣнія нужна бываетъ помощь увеличительныхъ стеколъ, а чувствамъ осязанія и слуха помощь электрическихъ снарядовъ, въ родѣ телефона и микрофона (Глава V), дающихъ возможность слышать шаги мухи, идущей по кусочку дерева, и вести изустный разговоръ съ другомъ, который въ тысячѣ миляхъ отъ насъ.

Вникнувъ въ дѣло съ вниманіемъ, мы увидимъ, что матерія обыкновенно встрѣчается намъ въ одномъ изъ трехъ состояній, извѣстныхъ подъ именами: твердое, капельно-жидкое и газообразное *). Мы увидимъ далѣе, что въ большинствѣ случаевъ то, въ какомъ изъ этихъ состояній встрѣчается намъ данное вещество—результатъ температуры и давленія, подъ какимъ находится матерія этого тѣла. Знакомый всѣмъ примѣръ трехъ состояній вещества представляютъ: ледъ, вода и паръ; каждая изъ этихъ формъ воды можетъ быть превращена въ каждую изъ двухъ другихъ измѣненіемъ дѣйствующаго на количества теплоты; и при всѣхъ превращеніяхъ она остается тѣмъ же самымъ тѣломъ, состоящимъ изъ соединенія двухъ объемовъ водорода съ однимъ объемомъ кислорода (смотри страницу 60) и по неизмѣнности ея отношеній къ другимъ веществамъ химикъ видитъ что во всѣхъ трехъ состояніяхъ она одно и тоже вещество, вода.

Теперь намъ полезно будетъ кратко разсмотрѣть два-три изъ качествъ, которыя матерія, безо всякихъ исклю-

*) Цѣли нашего трактата не требуютъ разсмотрѣнія вопроса о существованіи четвертаго состоянія матеріи.

ЭР01685

ченій, имѣетъ во всѣхъ трехъ своихъ состояніяхъ. Камень, предоставленный самъ себѣ въ воздухѣ, падаетъ, пока коснется земли; круглый камень или мячъ катится внизъ по наклонной плоскости; масса воды, какъ напримѣръ потокъ или рѣка, течетъ съ болѣе верхняго уровня на нижній по руслу, охватывающему ее съ боковъ; облака подымаются на воздухъ и послѣ того падаютъ назадъ внизъ дождемъ; — все это происходитъ отъ того факта, что всякая матерія имѣетъ *вѣсъ*.



Фиг. 1.

То, что твердыя и жидкія тѣла имѣютъ вѣсъ, дѣло такое знакомое всѣмъ, что достаточно одного упоминовенія о немъ. Но оно не такъ очевидно, хотя не менѣе справедливо, относительно всѣхъ безъ исключенія газовъ. Посредствомъ очень простаго прибора (напримѣръ, воздушнаго шара) можно легко удостовѣриться въ этомъ, а съ бо̀льшею точностью можно увидѣть это, взвѣшивая разные газы въ стеклянной бутыли снабженной плотно запирающимся краномъ и подвязанной къ одной изъ чашекъ чувствительныхъ вѣсовъ какъ на фигурѣ 1. Если удалить весь воздухъ изъ бутыли воздушнымъ насосомъ и послѣ того аккуратно взвѣсить ее, а потомъ открыть кранъ и дать воздуху войти въ нее, то надобно будетъ для возстановленія равновѣсія при-

ЭР01685

бавить вѣсъ на другой чашкѣ. Этимъ способомъ можно увидѣть, что пять галлоновъ обыкновеннаго воздуха вѣсятъ почти ровно унцію, по метрической системѣ, употребляемой нынѣ на континентѣ не только въ наукѣ, но и во всѣхъ житейскихъ дѣлахъ, литръ обыкновеннаго воздуха вѣситъ 1,29 граммовъ *). Вмѣсто обыкновеннаго воздуха будемъ впускать въ бутылку другіе газы, проводя ихъ въ нее черезъ трубку; и можно будетъ увидѣть, что они имѣютъ вѣсъ очень неодинаковый. Такъ,

100 кубическихъ дюймовъ воздуха вѣсятъ. . .	31	гранъ.
100 » » углекислоты вѣсятъ .	47	»
100 » » водорода вѣсятъ только	2	» **)

И вотъ, мы имѣемъ примѣръ того, важнаго по отношенію къ вѣсу, факта, что тѣла очень различны между собою по массѣ или количеству матеріи, содержащейся въ одномъ и томъ же объемѣ ихъ. Такъ галлонъ воды вѣситъ ровно 10 фунтовъ (по метрической системѣ кубическій сантиметръ воды вѣситъ ровно граммъ), а галлонъ масла или водки вѣситъ только 9 фунтовъ или меньше. Если возьмемъ за норму вѣсъ одной десятой части (или 27.27 кубическихъ дюймовъ) галлона воды, составляющій ровно фунтъ, и будемъ сравнивать съ нимъ вѣсъ той же самой мѣры другихъ веществъ, мы найдемъ, что вѣсъ равныхъ мѣръ, выраженный въ фунтахъ, даетъ намъ слѣдующія цифры:

---

*) Или: въ штофѣ, который вмѣщаетъ въ себѣ два съ половиною фунта воды, помѣщается, когда выльемъ изъ него воду, нѣсколько менѣе одной третьей доли золотника воздуха.

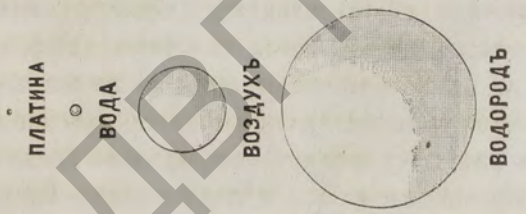
**) По русскому счету, приблизительный вѣсъ таковъ:

100 кубич. дюйм. воздуха . .	0,50	золотника.
100 » » углекислоты.	0,75	»
100 » » водорода. .	0,03	»

ЭР01685

Кованая мѣдь . . .	8.9	Кирпичъ	2.1
Золото	19.6	Глина	1.9
Чугунъ	7.0	Мѣлъ	2.3
Кованое желѣзо . .	7.7	Сухой песокъ . . .	1.4
Свинецъ	11.4	Стекло	2.7
Серебро	10.5	Сухая ель	0.6
Платина	21.5	Дубъ	0.8
Олово	7.4	Водка	0,9
Цинкъ.	7.0	Эфиръ.	0.7
Ртуть	13.6	Растительное масло .	0.9

Чертежъ шаровъ, помѣщенный здѣсь (фигура 2) и приводимыя подъ чертежемъ цифры, выражаютъ пропорціи объемовъ нѣкоторыхъ тѣлъ при одинаковомъ вѣсѣ:



Фиг. 2.

Водородъ. . .	1		
Воздухъ . . .	14.4	1	
Вода	11.943	829	1
Платина . . .	256.764	17.831	21.5

Такъ, при равномъ объемѣ, металлъ платина въ 21½ разъ тяжелѣе воды, въ 17.831 разъ тяжелѣе воздуха, въ 256.764 раза тяжелѣе водорода, и т. д.

Это отношеніе между мѣрою (или объемомъ) и вѣсомъ какого нибудь даннаго вещества называется его удѣльнымъ вѣсомъ, и о немъ говорится въ житейскомъ языкѣ выраже-

ЭР01685

ніями въ родѣ такихъ, какъ «масло легче воды», «свинецъ тяжелѣе желѣза» и проч.; при словахъ «тяжелѣе» и «легче» тутъ подразумѣвается «при одинаковомъ объемѣ».

Другое качество всѣхъ видовъ матеріи то, что она представляетъ сопротивленіе. Это мы тоже знаемъ по житейскому опыту, на сколько простираются ощущенія осязанія, даже относительно газовъ, потому что кто же не испытывалъ сопротивленія, представляемаго его движенію впередъ воздухомъ, когда онъ шелъ противъ сильнаго вѣтра?—Въ другой формѣ выражается тоже самое словами, что матерія непроницаема; это значитъ, что двѣ части матеріи не могутъ занимать одного и того же мѣста въ одно время. Занимательнымъ поясненіемъ этому служитъ анекдотъ о Карлѣ II, при которомъ было основано Королевское Общество Наукъ. Король предложилъ составляющимъ Общество натуралистамъ такой вопросъ: «Почему, когда опустимъ двѣ золотыя рыбки въ полное до края ведро воды, вода не льется черезъ край?» О томъ, почему такъ, натуралисты долго серьезно разсуждали, пока одинъ изъ нихъ сказалъ, что надобно предложить этотъ вопросъ Природѣ, то есть, сдѣлать опытъ. Результатъ, разумѣется, показалъ, что «Веселый Монархъ» подшутилъ надъ учеными.

Слѣдуетъ замѣтить также, что никакими человѣческими средствами матерія не можетъ быть ни создана, ни уничтожена. Это очень важная истина. Человѣкъ можетъ лишь измѣнять комбинаціи матеріи. Напримѣръ, уголь, сгорая въ огнѣ, не уничтожается (Глава III): въ горѣніи, углеродъ и водородъ угля только соединяются съ кислородомъ воздуха, образуя газы, улетающіе въ атмосферу. Главная цѣль нашей книги—показать, что это примѣняется къ такъ называемымъ силамъ природы, то есть формамъ энергіи, что человѣкъ не можетъ ни создать, ни уничтожить энергію и власть его надъ

ДВГНБ

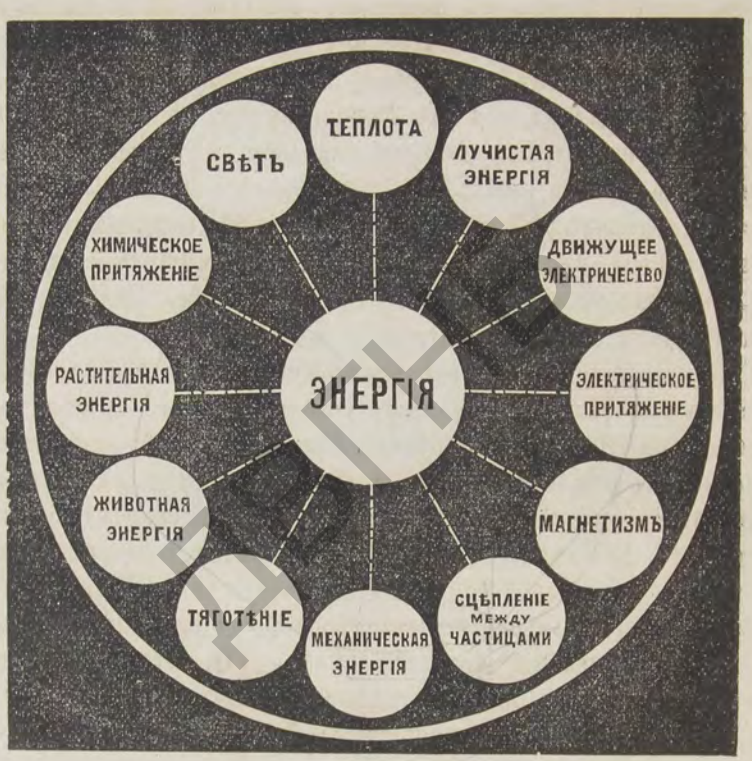
ЭР01685

ея формами ограничена тѣмъ, что онъ можетъ превращать одну изъ нихъ въ другую, то есть измѣнять видъ проявленія энергіи. Это положеніе должно назвать результатомъ работъ, совершенныхъ въ послѣдніе тридцать лѣтъ великими учеными: Мейеромъ, Гельмгольцемъ и другими, въ Германіи: Гровомъ, Джоулемъ, Томсономъ, Бэльфоромъ Стьюартомъ, Тэтомъ, Тиндалемъ и У. В. Кэрпентеромъ, въ Англіи. Внимательно разсмотрѣвъ его, мы находимъ въ немъ одно изъ самыхъ величественныхъ обобщеній новаго времени; видимъ, что изумительнѣйшіе феномены вселенной совершаются по этому закону, что жизнь и движенія мельчайшихъ существъ и незначительнѣйшіе изъ замѣтныхъ человѣку явленій природы, равно свидѣтельствуютъ о его истинѣ.

Когда энергія кажется уничтоженною или изчезнувшею, она не уничтожается, а лишь ускользаетъ отъ зрѣнія, подобно волшебнику «Арабскихъ Сказокъ», чтобъ появиться вновь подъ какой нибудь другою формою (или въ другомъ способѣ проявленія). Доказать это будетъ цѣлью слѣдующихъ страницъ. Внимательно разсмотрѣвъ приложенный рисунокъ (фиг. 3), читатель легче пойметъ этотъ великій принципъ. Сначала называли соотношеніемъ физическихъ силъ, но прогрессъ изслѣдованій показалъ (Глава VI), что его можно распространить и на такъ называемыя «жизненныя силы», то есть, на проявленія энергіи въ феноменахъ жизни. Бѣлые круги представляютъ собою подвижные доски, на которыхъ написаны имена нѣкоторыхъ изъ формъ энергіи въ природѣ. Понятно, что каждые два изъ этихъ дисковъ можно передвинуть одинъ на мѣсто другаго; это будетъ наглядымъ выраженіемъ перехода или преобразованія одной формы энергіи въ другую. Изъ знанія о неуничтожаемости энергіи возникаетъ великая мысль, что сумма энергіи во вселенной неизмѣнна, не можетъ быть ни увеличена, ни уменьшена.

ЭР01685

Именно это и говорится выраженіемъ: «сохраненіе энергіи»; въ нашемъ рисункѣ это изображено кольцомъ, окружающимъ всѣ маленькіе диски.



Фиг. 3.

Намъ остается разсмотрѣть еще одно качество энергіи, называемое *инерціею*. Оно состоитъ въ томъ, что матерія не можетъ сама собою ни прійти въ движеніе, ни, пришедши въ движеніе, остановиться. Можно возразить, что первая половина этого положенія очевидно вѣрна, но ежедневный опытъ опровергаетъ вторую. Толкнемъ шаръ катиться по

ЭР01685

землѣ; онъ скоро остановится. Правда, но если мы толкнемъ его катиться по ровной поверхности льда, онъ укатится гораздо дальше; и по мѣрѣ того, какъ будетъ уменьшаемо сопротивленіе, представляемое движущемуся тѣлу треніемъ, движеніе тѣла будетъ становиться болѣе продолжительнымъ. Если умственнымъ усиліемъ отбросимъ впечатлѣнія, производимыя привычными намъ фактами тренія, то при способности къ точному мышленію мы поймемъ, что находится въ состояніи движенія такъ же естественно тѣлу, какъ и находиться въ состояніи неподвижности, если не дѣйствуетъ на него никакая внѣшняя причина; иными словами: въ природѣ движущагося тѣла нѣтъ ничего такого, что останавливало бы его движеніе.

Здѣсь намъ полезно будетъ остановиться, чтобы разсмотрѣть смыслъ, заключающійся въ терминѣ «движеніе», и значеніе выраженій, которыми обыкновенно говорится о немъ. «Движеніе» значитъ: перемѣна мѣста. Очевидно, что для ясности представленія о движеніи даннаго тѣла, надобно знать направленіе или линію его движенія и скорость, съ какою движется оно. Эта скорость часто измѣряется въ обыкновенной жизни милями и часами; говорится, напримѣръ, что экстренный поѣздъ идетъ сорокъ миль въ часъ, подразумѣвая, что онъ проѣхалъ бы по желѣзной дорогѣ сорокъ миль въ часъ, если бы шелъ въ продолженіе всего часа съ неизмѣнною скоростью, а если онъ идетъ съ этою скоростью лишь какую нибудь часть часа, но проѣдетъ соотвѣтственную долю этого разстоянія; напримѣръ, въ три минуты двѣ мили. Въ научномъ языкѣ болѣе принято измѣрять скорость числомъ футовъ въ секунду; напримѣръ, звукъ идетъ по воздуху со скоростью около 1,100 футовъ въ секунду.

Законы движенія были очень внимательно изучены великимъ мыслителемъ, Ньютономъ. Онъ свелъ ихъ всѣ въ три основные закона. Первый говоритъ: «Тѣло, находящееся въ

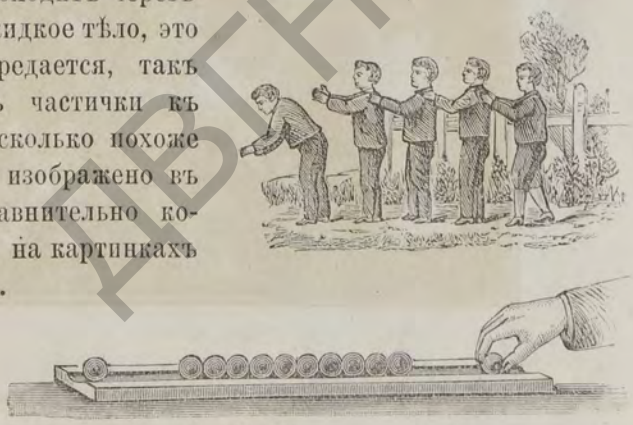
ЭР01685

неподвижности, будетъ оставаться неподвижнымъ, а движущееся тѣло будетъ оставаться движущимся, если на него не подѣйствуетъ какая нибудь внѣшняя сила». Объ этомъ мы ужь упоминали, говоря объ инерціи. Второй законъ: «Когда двѣ или болѣе силы дѣйствуютъ на тѣло, каждая изъ нихъ производитъ полное свое дѣйствіе, все равно, находится ль тѣло въ неподвижности, или движется». Простые примѣры этому видимъ въ томъ, что если пустимъ камень упасть изъ окна движущагося поѣзда, онъ падаетъ *на* доску подножки внизу окна, а не позади вагона; или, если пустимъ его упасть съ вершины мачты плывущаго корабля, онъ упадетъ у основанія мачты; видимъ въ прыжкахъ наѣздниковъ и наѣздницъ цирка, которые, прыгая сквозь обручи и т. п., прыгаютъ просто *вверхъ* на воздухъ, и проносятся *впередъ* сквозь обручи движеніемъ, воспринятымъ ими отъ движенія лошади; видимъ въ направленіи лодки, которая, подвигаемая веслами прямо впередъ, и уносимая въ то же время въ бокъ теченіемъ, движется по линіи, составляющей результатъ дѣйствія обѣихъ этихъ силъ. Третій законъ говоритъ: «Дѣйствіе и противодѣйствіе равны и направленія ихъ противоположны». Предметъ, о которомъ мы говоримъ теперь, не требуетъ, чтобы мы занимались этимъ закономъ здѣсь.

Но намъ полезно будетъ замѣтить теперь же, что тѣло, кажущееся неподвижнымъ, можетъ имѣть очень сильное и опредѣленное *стремленіе къ движенію*, но перейти въ дѣйствительное движеніе препятствуетъ этому тѣлу какое нибудь противодѣйствующее стремленіе, очень незначительное небольшое ослабленіе котораго можетъ послужить причиною, что произойдетъ огромное движеніе. Примѣромъ можетъ служить то, когда тяжести на чашкахъ вѣсовъ уравновѣшены съ точностью; вѣсы можно покачнуть очень маленькою прибавкою на одну изъ чашекъ.

ЭР01685

Закончимъ наше изложеніе понятій о движеніи напоминаніемъ о томъ, что движеніе можетъ дѣйствовать двумя способами. Одинъ изъ нихъ—перемѣщеніе всей массы тѣла; о немъ мы уже говорили. Другой—движеніе собственно лишь мелкихъ частичекъ, составляющихъ тѣло. Оно называется молекулярнымъ движеніемъ. Есть очень твердыя основанія думать, что всякое вещество, твердое ли, капельно-жидкое ли, или газообразное, состоитъ изъ чрезвычайно маленькихъ частичекъ, которыхъ нельзя видѣть даже и при помощи самыхъ сильныхъ увеличеній микроскопа, и что онѣ находятся въ болѣе или менѣе непрерывномъ состояніи движенія. Если ударъ или давленіе какого нибудь рода проходитъ черезъ твердое или жидкое тѣло, это движеніе передается, такъ сказать, отъ частички къ частичкѣ, нѣсколько похоже на то, какъ изображено въ размѣрѣ, сравнительно колоссальномъ, на картинкахъ рисунка № 4.

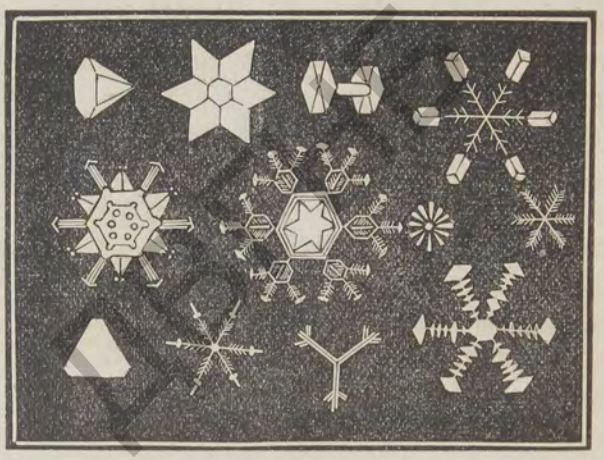


Фиг. 4.

Хорошій примѣръ молекулярнаго движенія или движенія частичекъ въ тѣлѣ, повидимому твердомъ, представляетъ любопытная перемѣна внутренней структуры желѣза въ рѣшеткахъ листовъ и т. п., дѣлающая желѣзо хрупкимъ, такъ что мостъ, простоявшій нѣсколько, лѣтъ дѣлается опаснымъ. Примѣрами молекулярнаго движенія въ жидкостяхъ служатъ

ЭР01685

прекрасныя формы, принимаемыя ими при затвердѣваніи; напримѣръ, кристаллическій видъ, принимаемый металлами, которые, бывши расплавлены, охлаждались медленно (такой видъ имѣютъ орнаментальные издѣлья изъ олова); или напримѣръ, кристаллы солей, осѣдающіе изъ раствора въ водѣ. Очень знакомый всѣмъ, прелестный примѣръ представляютъ изящные кристаллы снѣга, разновидности которыхъ изображены на фигурѣ 5. Тотъ же общій видъ структуры имѣетъ



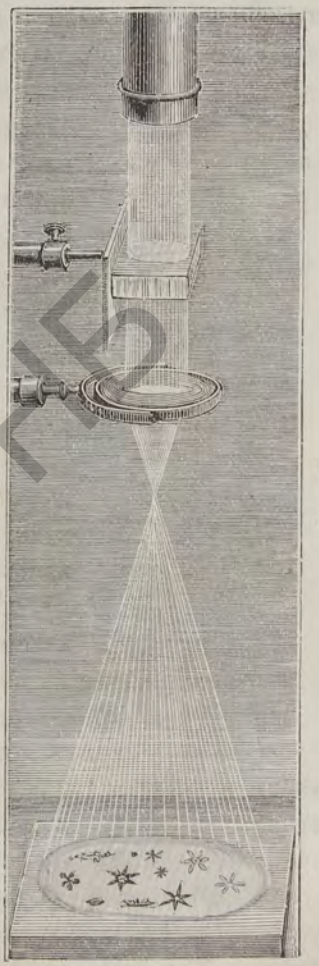
Фиг. 5.

ледъ; она проявляется намъ, когда мы пропускаемъ черезъ кусокъ льда лучъ свѣта и посредствомъ оптическаго стекла бросаемъ изображеніе на экранъ, какъ нарисовано на фигурѣ 6.

Очень красивый опытъ, поясняющій молекулярное движеніе, состоитъ въ слѣдующемъ; круглая скважистая банка (въ родѣ тѣхъ, какія употребляются для вольтовыхъ столбовъ) замкнута съ открытаго конца продиравленною пробкою, черезъ которую продѣта стеклянная трубка фута въ два дли-

ЭР01685

ною; нижній конецъ этой трубки погруженъ въ окрашенную жидкость (фиг. 7). Надъ банкою опрокидывается бутыль, наполненная водородомъ; изъ устья трубки тотчасъ же начинаютъ выходить пузырьки воздуха. Причина этому та, что молекулы водорода проходятъ въ банку, черезъ ея поры, быстрѣе, чѣмъ молекулы воздуха успѣваютъ выходить изъ нея. Если удалимъ бутыль, водородъ будетъ выходить быстрѣе, чѣмъ будетъ успѣвать входить назадъ воздухъ, образуется пустота, и жидкость подымается въ трубкѣ.



Фиг. 6.

Хотя никто никогда не видѣлъ молекулы, но — замѣчательный фактъ — четыре разные ряда математическихъ соображеній, основанныхъ на четырехъ разныхъ рядахъ опытовъ, привели знаменитыхъ ученыхъ Томсона, Клаузіуса и другихъ къ заключенію, что во всѣхъ обыкновенныхъ твердыхъ или жидкихъ тѣлахъ среднее разстояніе между молекулами менѣе одной 5.000,000-ной и болѣе одной 1.000,000,000-ной части сантиметра (2,5 сантиметра = 1 дюйму). Чтобы составить себѣ понятіе о томъ, что это такое, пусть читатель вообразитъ сплошной шаръ величиною съ мячъ, игры ногами, возростимъ до величины земнаго шара, имѣющаго въ поперечникѣ около

ЭР01685

8.000 миль *). Если бы молекулы были увеличины въ такой же пропорціи, размѣръ ихъ сталъ бы больше шариковъ дроби, но меньше того мяча.



Фиг. 7.

Разсмотрѣвъ два рода движенія матеріи, молярное и молекулярное, мы разсмотримъ теперь двѣ формы обыкновеннаго притяженія матеріи, независимо отъ притяженій, производимыхъ электричествомъ, магнетизмомъ и химическимъ дѣйствіемъ. Первая изъ этихъ формъ, притяженіе между массами тѣлъ, какъ цѣлыми, извѣстна подъ именемъ тяготѣнія, а вторая — взаимное притяженіе между молекулами, называется сцѣпленіемъ.

Всеобщій физическій законъ, что каждая частица вселенной притягиваетъ всякую другую частицу вселенной съ извѣстною силою, величина которой опредѣлется условіями даннаго случая. Если какое нибудь тѣло (напримѣръ, камень или пуля) брошено въ воздухъ, оно, какъ мы знаемъ по опыту почти тотчасъ же возвратится на поверхность земли, по дѣйствію на него притягательной силы земли. Не менѣе достовѣрно и то, что земля, хоть и очень мало, также падаетъ къ камню. Опыты съ двумя большими массами свинца, хорошо уравновѣшенными и свободно вращающимися, дѣланные въ особо устроенной для того комнатѣ и съ очень большою точностью, доказали, что эти массы взаимно притягиваютъ одна другую. Хорошій примѣръ притяженія небольшой массы матеріи большою мы видимъ въ томъ, что свинцовая гирька от-

*) Около 12,000 верстъ.

ЭР01685

вѣса въ сосѣдствѣ большихъ горныхъ массъ виситъ не совершенно вертикально: гирька притягивается къ горѣ. Это было ясно обнаружено опытами близь Шигалліона (Schehallion), одиноко стоящей горы въ Шотландіи. Отъ астрономовъ мы знаемъ, что дѣйствіе тяготѣнія простирается до отдаленнѣйшихъ частей неба; что луна и земля тяготѣютъ другъ къ другу—и обѣ вмѣстѣ къ солнцу; что вся солнечная система тяготѣетъ въ опредѣленномъ направленіи звѣднаго міра; что двойныя звѣзды—системы солнцъ, вращающихся другъ около друга по дѣйствію той же силы, и что вѣроятно каждая звѣзда имѣетъ свою систему планетъ, движущихся сообразно тому же закону. Ограничивая свое вниманіе нашею землею и ея спутникомъ, мы увидимъ, что тяготѣніе производитъ приливъ и отливъ, и что въ значительной степени отъ него происходятъ всѣ явленія вѣтра и дождя, вся механическая энергія, какую можно извлечь изъ паденія воды (напримѣръ, въ формѣ горныхъ потоковъ, кажущихся такими неодолимыми) и, въ сущности, весь порядокъ всего строенія земной поверхности. Если бъ не притяженіе тяготѣнія, то быстрота вращенія земли около оси отбросила бы въ пространство всякій удобоподвижный предметъ съ ея поверхности; и подпрыгнувъ на воздухъ или поднявшись на воздушномъ шарѣ, мы не могли бы возвратиться на земную поверхность. Мысли этого рода служатъ поясненіями справедливости замѣчанія, что «тяготѣніе та сила, которая сохраняетъ устройство вселенной». То, что матерія имѣетъ вѣсъ, происходитъ отъ дѣйствія тяготенія: въ вѣсѣ предмета выражается сила, съ которою онъ стремится къ землѣ, и, какъ мы видѣли, величина вѣса опредѣляется массою или количествомъ матеріи въ предметѣ. Изъ этого ясно, во первыхъ, что вѣсъ—частный случай всеобщаго закона тяготѣнія; и во вторыхъ, что сила тяготѣнія двухъ тѣлъ другъ къ другу пропорціональна ихъ

ЭР01685

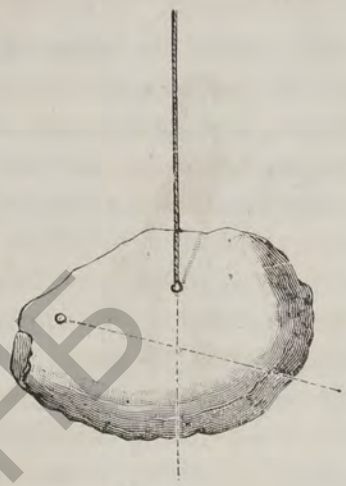
массѣ.—Остается разсмотрѣть, какое дѣйствіе имѣетъ на эту силу разстояніе. Опытъ показываетъ, что если разстояніе между двумя тѣлами удвоится, сила ихъ взаимнаго притяженія станетъ въ четыре раза меньше; если разстояніе утроится, она станетъ въ девять разъ меньше; если оно учетверится, она станетъ въ шестнадцать разъ меньше, и такъ далѣе. Это выражается въ общихъ терминахъ словами: сила тяготѣнія измѣняется въ пропорціи, обратной квадрату разстоянія. Другія физическія явленія слѣдуютъ тому же правилу; напримѣръ, распредѣленіе свѣта изъ всякихъ источниковъ его. Примѣръ закона квадратовъ видимъ и въ явленіяхъ паденія тѣлъ: камень падаетъ къ землѣ на 16 футовъ въ первую секунду; въ двѣ секунды на 64 фута (то есть, на 16 помноженныя на квадратъ 2), въ три секунды на 144 фута (то есть, на 16×3^2) и т. д. Если бъ устранено было вліяніе воздуха, всѣ тѣла падали бы къ землѣ съ одинаковою скоростью, каковъ бы ни былъ ихъ вѣсъ. Это можно доказать, положивъ на пенни плоскій кружочекъ бумаги одного размѣра съ монетою, и пустивъ ихъ падать вмѣстѣ: окажется, что они упадутъ на полъ въ одно и то же мгновеніе.

Во всякомъ тѣлѣ есть точка, въ которой какъ бы сосредоточивается весь вѣсъ его и на которой оно будетъ уравновѣшиваться во всякихъ положеніяхъ. Она называется центромъ тяжести. Когда тѣло имѣетъ свободу движенія, оно принимаетъ такое положеніе, что центръ его тяжести занимаетъ самое нижнее, какое возможно, мѣсто. Потому, повѣсивъ тѣло неправильной формы сначала въ одномъ, потомъ въ другомъ положеніи (фигура 8), и отмѣтивъ, гдѣ пересѣкаются отвѣсныя линіи, идущія отъ точекъ прикрѣпленія, мы найдемъ центръ тяжести тѣла. Многіе замѣчательные факты разновѣсія, возстановленія равновѣсія и проч. обусловли-

ДВГНБ

ЭР01685

ваются положеніемъ центра тяжести балансирующаго человѣка или балансируемаго предмета. Общій законъ, управляющій этими фактами, состоитъ въ томъ, что равновѣсіе сохраняется, пока отвѣсная линія, проведенная внизъ отъ центра тяжести предмета, падаетъ на внутрь очертанія базиса его опоры (фигуры 9 и 10). Знаменитая Пизанская наклонная башня вѣковой примѣръ тому.



Фиг. 8.

Притяженіе сцѣпленія отличается отъ тяготѣнія тѣмъ, что дѣйствуетъ лишь между очень мелкими частицами матеріи, и лишь на чрезвычайно маленькихъ разстояніяхъ. Оно — та сила, которая связываетъ частицы предмета и противится нашимъ усиліямъ разломать его. А когда предметъ разломленъ, и частицы его отдѣлились однѣ отъ другихъ на разстояніе, сколько нибудь доступное нашему измѣренію, очень трудно достичь того, чтобъ сцѣпленіе между ними возобно-



Фиг. 9.

ДВГНБ

ЭР01685

вилось *). Потому очевидно, что это молекулярное притяженіе *дѣйствуетъ очень сильно* на извѣстное разстояніе, очень маленькое, но совершенно исчезаетъ, когда разстояніе становится замѣтнымъ. Сцѣпленіе очень сильно въ твердыхъ тѣлахъ, въ жидкостяхъ оно гораздо меньше, а въ газахъ можно сказать, вовсе нѣтъ его. — Мы говорили, что матеріальная жизнь была бы невозможна безъ тяготѣнія; такой же ходъ мыслей о сцѣпленіи показываетъ, что если бы внезапно перестала дѣйствовать эта форма притяженія, наши дома, наши собственныя тѣла, да и вся поверхность земли — все мгновенно распалось бы въ кучу пыли. Хорошій примѣръ тому—такъ называемыя «капли принца Руперта». Ихъ дѣлаютъ, давая каплямъ расплавленнаго стекла падать въ воду; остывая, капли принимаютъ форму грушеобразнаго полулунія. Если условія сохраняющія въ равновѣсіи сцѣпленіе въ нихъ, (т. есть, условія равновѣсія силъ въ нихъ) нарушаются



Фиг. 10.

*) Замѣчательный примѣръ противнаго представляетъ свинецъ. Если разрѣзать пулю пополамъ, поверхности половинокъ, пока чисты, крѣпко сцѣпляются между собою, когда стиснуть ихъ сильно. Этотъ видъ сцѣпленія называется иногда прилипаніемъ.

ЭР01685

тѣмъ, что отламывается хотя ничтожнѣйшій кусочекъ отъ топкаго конца, вся масса (толстая часть которой выдерживаетъ тяжелые удары молоткомъ) тотчасъ же разлетается въ мелкій порошокъ.

Кончивъ теперь разсказъ о нѣкоторыхъ изъ важнѣйшихъ качествъ матеріи, просто какъ матеріи, перейдемъ къ нѣсколько болѣе подробному изслѣдованію того, что́ мы рискнули назвать ея настроеніями, то есть, къ разсмотрѣнію состояній и формъ энергіи, составляющему спеціальный предметъ этой книги.

Энергія можетъ существовать въ двухъ состояніяхъ: движенія и покоя. Ясно, что всякій движущійся предметъ имѣетъ энергію, то есть, можетъ совершать работу; но не такъ ясно на первый взглядъ, что можетъ существовать энергія въ покоѣ. Чтобы понять это, обратимся опять къ аналогическому понятію: «энергичный человѣкъ». Онъ можетъ быть человѣкомъ очень спокойнымъ, и однако же быть способенъ сдѣлать много работы, когда пріймется работать. Во множествѣ случаевъ, энергію удерживаетъ въ покоѣ положеніе, занимаемое предметомъ. Это можно видѣть на такомъ примѣрѣ: представимъ себѣ мельницу или фабрику, приводимую въ движеніе силою воды, и подлѣ этой мельницы два пруда разной вмѣстимости, одинъ ниже уровня колеса, другой значительно выше его. Ясно, что мельница не можетъ получить ни сколько работы отъ нижняго пруда, а паденіе воды изъ верхняго будетъ вертѣть колесо. Надобно твердо замѣтить, что работа производится переходомъ воды съ болѣе высокаго уровня въ болѣе низкій. Это послѣ поможетъ намъ понять, что энергія, производя работу, переходитъ съ болѣе высокой ступени на болѣе низкую.—Примѣрами энергіи, обусловленной показаніемъ, или, какъ это называютъ, потенціальной энергіи, могутъ служить: поднятая тяжесть, заведенная пружина,

ЭР01685

верховье теченія воды (примѣры механической энергіи); уголь, порохъ, хлѣбъ и другая пища (примѣры химической энергіи—главы III и VI), вольтовы столбы и аккумуляторы или батареи запаснаго электричества (примѣры электрической энергіи глава IV).

Подумавъ, мы увидимъ, что всякая потенціальная энергія должна ранѣе или позже перейти въ энергію движенія (называемую въ наукѣ *кинетическою энергіею*), она должна ранѣе или позже произвести движеніе, или молярное, то есть, движеніе массы, механическое движеніе, или какую нибудь изъ формъ молекулярнаго движенія.

Въ слѣдующей таблицѣ перечисляются запасы энергіи въ природѣ и ихъ источники. Слова употреблены тутъ въ широкомъ смыслѣ. Напримѣръ, подъ словами «топливо» и «химическое сродство» тутъ надобно понимать не только горѣніе топлива въ воздухѣ, но и горѣніе цинка въ вольтовой батареѣ.

Запасы энергіи въ природѣ.

Потенціальная энергія.	Кинетическая энергія.
1. Топливо.	1. Вѣтеръ.
2. Пища животныхъ.	2. Теченія воды на сушѣ и морскія теченія.
3. Обыкновенная сила воды.	
4. Сила приливовъ и отливовъ.	3. Волканы и горячіе источники.

Источники этихъ запасовъ:

1) Химическое сродство; 2) Солнечная энергія; 3) Энергія вращенія земли на ея оси; 4) Внутренняя теплота земнаго шара.

Эти энергіи можно распредѣлить на три группы: 1) видимыя энергіи, къ числу которыхъ принадлежатъ всѣ разряды видимаго движенія, напримѣръ, движенія, производимыя тяготѣніемъ и проч.; 2) тепловыя энергіи, движеніе въ которыхъ молекулярное (глава II); и 3) химическія и электрическія энергіи, движеніе въ которыхъ, вѣроятно, движеніе атомовъ, а не молекулъ (глава III и IV). Но не слѣ-

ЭР01685

дуетъ представлять себѣ это такъ, что каждая группа или система замкнута сама въ себѣ и не имѣетъ никакой связи съ сосѣдними ей; нѣтъ: формы энергіи нераздѣльно переплетаются одна съ другою.

И такъ, энергія — способность совершать работу; посмотримъ же, какъ измѣряется работа; дѣло это очень возможное, и надобно ясно понимать его. Когда человѣкъ подымаетъ съ земли тяжесть, преодолѣвая дѣйствіе тяготѣнія, онъ совершаетъ извѣстное количество работы. Перемноживъ число фунтовъ поднятой тяжести и число футовъ на которое поднята она, мы получимъ цифру, выражающую количество совершонной работы; такъ цифры называются футофунтами и *футо-фунты единицы того счета, которымъ измѣряется въ наукѣ всякая работа*: 1 футо-фунтъ, это: 1 фунтъ поднятый на 1 футъ; 100 футо-фунтовъ, это — или 1 фунтъ поднятый на 100 футовъ, или 100 фунтовъ, поднятые на 1 футъ, или 10 фунтовъ, поднятые на 10 футовъ, и т. д. *).

«Лошадиная сила»—наиболѣе употребительная мѣра количества работы; но очевидно, это выраженіе не научное, потому что сила у лошадей очень не одинаковая. Теперь

*) Это англійскій счетъ. Русскій футъ одинаковъ съ англійскимъ; но англійскій фунтъ нѣсколько больше русскаго. 550 англійскихъ футо-фунтовъ составляютъ около 600 русскихъ футо-фунтовъ, или около 40 пудо-футовъ (это выраженіе значитъ: подниманіе тяжести въ 40 пудовъ на 1 футъ въ секунду, или подниманіе 1 пуда на 40 футовъ въ секунду или вообще, подниманіе какого нибудь вѣса на такую высоту, что перемноженіе цифръ вѣса и высоты даетъ въ произведеніи 40 пудо-футовъ. Съ такою силою можетъ работать лишь очень сильная лошадь, да и то лишь въ продолженіе немногихъ минутъ. Работа «лошадиной силы» въ разсчетахъ силы дѣйствія машинъ — такое количество работы, которое гораздо значительнѣе количества ея, могущаго быть исполненнымъ лошадью.

ЭР01685

считаютъ лошадиную силу въ 550 футо-фунтовъ работы въ секунду или въ 33,000 футо-фунтовъ въ минуту *).

Въ метрической системѣ, о которой мы уже говорили, основными единицами счета служатъ килограммъ (то есть, 1,000 граммовъ; около 2,1 фунта и метръ (39,37 дюймовъ); потому единицею измѣренія работы на континентѣ и у многихъ изъ англійскихъ ученыхъ берется киллограметръ, равный приблизительно 7¹/₄ футо-фунтамъ **).

Формы энергіи переходятъ одна въ другую; потому эта мѣра работы можетъ быть примѣняема къ каждой изъ нихъ: и къ теплотѣ, и къ электричеству, и ко всякой другой формѣ энергіи. Такимъ образомъ, когда, напримѣръ, электрическая энергія прилагается къ производству механическаго движенія (глава V) и распредѣляется для этого по какому нибудь городу, доставляемое кому нибудь количество ея измѣряется и можетъ быть опредѣляемо въ футо-фунтахъ устроенными для того измѣрительными аппаратами.

Всѣ мы знаемъ изъ опыта, что энергія движущагося тѣла обусловливается его массою; чѣмъ больше масса, тѣмъ больше и она, и наоборотъ. Отношеніе скорости тѣла къ его энергіи выражается закономъ квадратовъ; то есть, если скорость удвояется, энергія учетверяется; при утроеніи скорости энергія увеличивается въ девять разъ, и т. д.

Теперь мы нѣсколько подготовили почву для своего труда, пріобрѣли точныя понятія о нѣкоторыхъ качествахъ

---

*) Это единицы счета, употребительныя въ Англіи; въ другихъ странахъ, перемножаются цифры другихъ мѣръ вѣса и разстоянія. Въ Россіи употребляются для опредѣленія величины энергіи «пудофуты» то есть, число пудовъ перемножается на число футовъ.

**) Въ переложеніи на русскій счетъ, киллограметръ равенъ приблизительно 8 русскимъ футо-фунтамъ, или 5 килограмметровъ составляютъ приблизительно 1 пудо-футъ.

ЭР01685

и настроеніяхъ матеріи; разсмотримъ же справедливость положенія, которое мы столько разъ повторяли: энергія не уничтожается, а только видоизмѣняется или измѣняетъ свою форму. Начнемъ съ того, что поищемъ отвѣта на вопросъ: что̀ дѣлается съ энергіею механическаго движенія, когда оно замедляется или вовсе останавливается? По житейскому опыту почти всѣ мы знаемъ, что всякое усиліе остановить, «затормозить» механическое движеніе производитъ теплоту; и предметомъ слѣдующей главы будетъ опредѣленіе отношеній между механическою энергіею и тепловою.

ДВГНБ

ЭР01685

...ЛИОТЕКА
...К.ДЕРЯГИНОЙ
БЫВШ. ВИБЛИОТ...

ГЛАВА II.

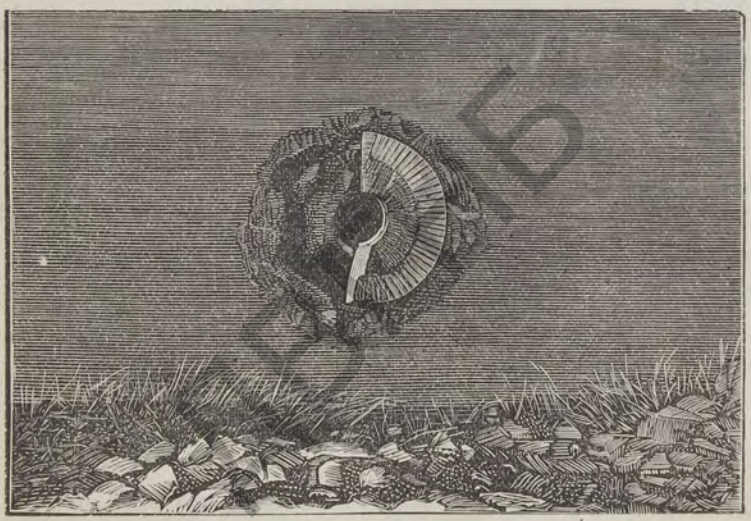
Теплота, одна изъ формъ энергіи.

Разсмотримъ нѣкоторые примѣры дѣйствія того закона, что, когда механическая энергія замедляется или уничтожается, неизмѣнно является теплота. Всѣ, обращавшіеся съ машинами, знаютъ этотъ фактъ въ той формѣ его, что подставки, въ которыхъ вертятся оси, разгорячаются, и надобно придавать имъ скользкость масломъ (или водою), чтобъ уменьшать треніе. Не имѣя нынѣшней принадлежности цивилизованной жизни, фосфорныхъ спичекъ (которыя воспламеняются также отъ теплоты, производимой тѣмъ, что крѣпко чертятъ ими о шероховатую поверхность), невѣжественный дикарь расходуетъ большое количество энергіи на то, чтобы произвести огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева одинъ о другой; искусный кузнецъ можетъ разгорячить большой гвоздь до красна, просто колотя по немъ на наковальнѣ молотомъ; когда пушечное ядро ударяется о пробный щитъ, его энергія движенія мновенно уничтожается. за то и оно и щитъ очень разгорячаются, и осколки ядра часто бываютъ такъ раскалены, что замѣтно свѣтятся на дневномъ свѣтѣ. Помѣщаемъ здѣсь рисунокъ (фигура 11), изображающій щитъ въ Шуберенессѣ, послѣ толчка отъ ядра, ударившагося о него

ЭР01685

съ количествомъ энергіи, приблизительно въ 2,200 футотоннъ *).

Первый, кому наука была обязана яснымъ доказательствомъ связи между энергіею механическаго движенія и теплоты, былъ графъ Ромфордъ (Rumford), прочитавшій, 25 января 1798 г., въ Королевскомъ обществѣ, превосходное «изслѣдованіе объ источникѣ теплоты, возбуждаемой треніемъ».



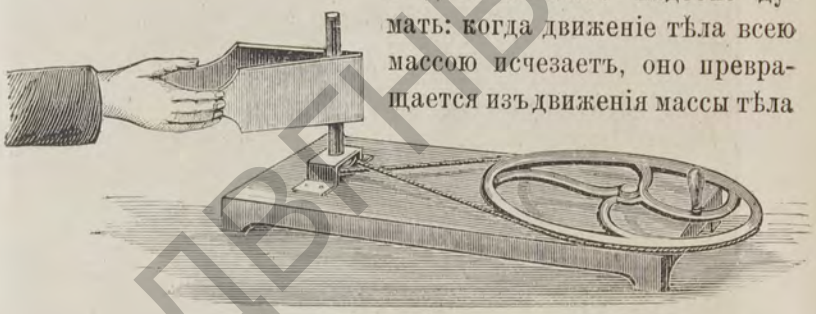
Фиг. 11.

Въ этомъ маленькомъ трактатѣ онъ подробно разсказывалъ опыты, показывавшіе, что при сверленіи пушекъ въ Мюнхенскомъ арсеналѣ производилось, какъ наблюдалъ онъ, большое количество теплоты; пушка разгорячалась до того, что въ ней кипѣли большія количества воды, и металлическія стружки были очень горячи. Сопоставленіе этихъ опытовъ съ очень простымъ фактомъ, что тѣло, нагрѣваясь, не уве-

*) Приблизительно 135,000 пудо-футовъ.

ЭР01685

личивается въ вѣсѣ, опровергаетъ мнѣніе, что теплота — мятеріальное вещество, говорилъ Ромфордъ, и спрашивалъ: «Что же такое теплота? Существуетъ ли такъ называемая *огненная жидкость?* Существуетъ ли какое нибудь вещество, которое можно называть теплородомъ?» Сдѣлавъ обзоръ всего ряда своихъ опытовъ, онъ приходилъ къ слѣдующему заключенію: «мнѣ кажется чрезвычайно труднымъ. если не невозможнымъ представить себѣ что нибудь способное быть возбуждаемымъ и сообщаемымъ въ опытахъ такого рода, если не представлять себѣ это «движеніемъ»: мы увидимъ, что и дѣйствительно надобно думать: когда движеніе тѣла всею массою исчезаетъ, оно превращается изъ движенія массы тѣла



Фиг. 12.

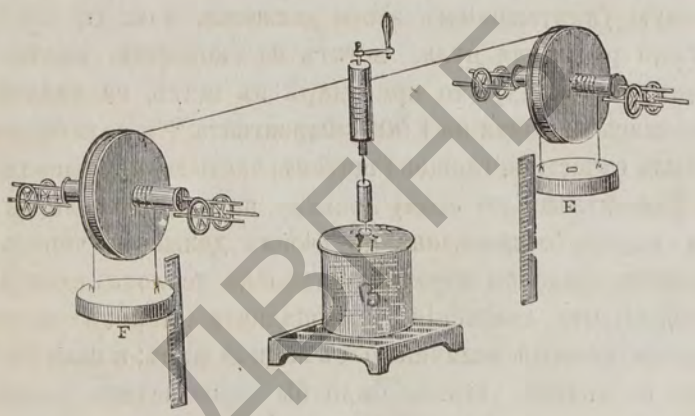
въ движеніе его частицъ, или, иными словами, молярное движеніе становится молекулярнымъ. Опытъ графа Ромфорда можетъ быть повторенъ въ небольшомъ размѣрѣ посредствомъ аппарата, представленнаго въ фигурѣ 12. На этомъ рисункѣ изображена трубочка въ четыре дюйма длиною и въ три четверти дюйма въ діаметрѣ; въ него налита вода, и она замкнута пробкою. Она быстро вращается, слегка сжимаемая широкими деревянными клещами. Теплота, развивающаяся отъ этого, скоро нагрѣваетъ воду до кипѣнія и выбрасываетъ пробку.

Доктору Джоулю принадлежитъ та честь, что онъ, рядомъ

ЭР01685

опытовъ, длившихся съ 1843 до 1849 г., первый опредѣлилъ въ цифрахъ отношеніе между теплотою и работою. Его опыты были такого рода:

Онъ бралъ закрытый сосудъ B (фигура 13), содержащій въ себѣ воду, въ которой утвержденныя на оси лопатки вращались снарядомъ, приводимымъ въ движеніе опускающимися гирями E и F; величина этого вѣса была извѣстна, извѣстно и разстояніе, на которое онъ опускался, потому *производимая работа* могла быть вычисляема въ футофунтахъ; треніе лопатокъ о воду согрѣвало все содержимое сосуда; и такимъ образомъ Джоуль установилъ фактъ, что механическая работа производимая 772 футофунтами можетъ, обращаясь въ теплоту, возвышать температуру фунта воды на одинъ градусъ Фаренгейтова термометра (обыкновенно употребляемаго въ Англіи). Эта цифра и называется *механическимъ эквивалентомъ теплоты*. Наоборотъ, количество теплоты, необходимое для того, чтобы повысить температуру фунта воды на одинъ градусъ Фаренгейта, если все будетъ обращено на



Фиг. 13.

ДВГНБ

ЭР01685

механическую работу, подыметъ 772 фунтовъ воды на высоту одного фута;—работа, почти равная работъ $1^1/_2$ лошадиныхъ силъ впродолженіе одной секунды *).

Количество теплоты, порождаемой столкновеніемъ падающаго тѣла съ землею, соразмѣрно высотѣ, съ которой оно падаетъ; а эта высота пропорціональна квадрату скорости (страница 20), слѣдовательно порождаемая столкновеніемъ теплота возрастаетъ по квадратамъ скорости; потому, если мы удвоимъ скорость пули, мы учетверимъ теплоту, порождаемую уничтоженіемъ этого движенія, и т. д.

Если ружейная пуля, летитъ со скоростью около 1,400 футовъ въ секунду, то при ударѣ въ щитъ, ея температура повысилась бы почти на 1,000° Фаренгейта **), если бы теплота не была отчасти поглощена щитомъ; часть свинца расплавилась бы. Разсчитывая по этому правилу, нашли, что если бы земля была вдругъ остановлена въ своемъ движеніи черезъ пространство, было бы порождено столько теплоты, сколько развилось бы отъ сожженія четырнадцати шаровъ сплошнаго углерода каждый величиною съ земной шаръ; а если бы земля упала на солнце, этимъ было бы произведено количество теплоты, равное теплотѣ отъ сожженія 5,600 такихъ шаровъ. Соображенія о томъ, чѣмъ поддерживается громадная величина энергіи солнца ***) привели къ мысли, что она, по крайней мѣрѣ

---

*) Переводя 772 англійскихъ футофунтовъ въ русскіе, и градусъ Фаренгейта въ градусъ Цельса, получаемъ: работа, производимая 1,390 русскими футофунтами, повышаетъ на 1 градусъ Цельса температуру русскаго фунта воды.

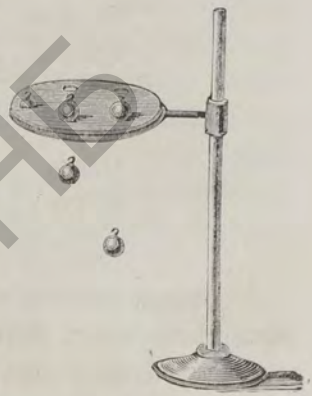
**) Приблизительно на 5,500 Цельса.

***) Трудно дать понятіе о ея громадности. Количество теплоты, получаемой землею отъ солнца въ продолженіе года, могло бы расплавить слой льда въ 100 футовъ толщиною, покрывающій весь земной шаръ; а это лишь одна 2.138.000,000 часть количества теплоты, испускаемой солн-

ЭР01685

отчасти, можетъ поддерживаться дождемъ падающей на поверхность его твердой метеорической матеріи.

Любопытенъ, и имѣетъ важное значеніе въ экономіи природы, тотъ фактъ, что разныя тѣла при равномъ вѣсѣ требуютъ неодинаковыхъ количествъ теплоты для равнаго повышенія ихъ температуры; иначе сказать: ихъ теплоемкость очень неодинакова. Если фунтъ воды съ 60° Фар. смѣшать съ фунтомъ воды съ 212° Фар. (точка кипѣнія поэтому термометру), температура смѣси окажется половиною суммы теплоты смѣшанныхъ количествъ воды, то есть равною 136°; но если вмѣсто фунта воды въ 212° взять фунтъ ртути этой температуры, температура смѣси будетъ лишь около 65°. Вода имѣетъ большую теплоемкость; количество теплоты, подымающее температуру фунта воды на 1° Фар., подымаетъ на столько же температуру 9 фунтовъ желѣза, 11 фунтовъ цинка и 30 фунтовъ ртути. Это различіе по теплоемкости можно показать и наглядным опытомъ. Шары разныхъ металловъ: желѣзный, свинцовый, висмутный, оловянный, мѣдный, нагрѣваются въ маслѣ приблизительно до 350° Фар. *), кладутъ на восковую лепешку (фиг. 12). Желѣзный и мѣд-



Фиг. 14.

ДВГНБ

цемъ. Томсонъ недавно (въ Nature, въ нумерѣ 18 января 1883) выразилъ это въ другой формѣ: онъ опредѣляетъ энергію лучей солнца равною въ секунду времени 7.000 лошадиныхъ силъ на квадратный футъ, или 50 лошадиныхъ силъ на квадратный дюймъ всей этой огромной поверхности.

*) Приблизительно до 177° Цельса.

ЭР01685

ный шары первые опустятся насквозь черезъ нее, послѣ нихъ оловянный; а свинцовый и висмутный погрузятся въ воскъ лишь немного побольше, чѣмъ на половину его толщины.

Слѣдующая таблица показываетъ въ цифрахъ относительную теплоемкость или удѣльную теплоту разныхъ тѣлъ.

Тѣла.	Удѣльная теплота.
Вода	1.000
Терпентинъ	0.426
Воздухъ	0.237
Стекло	0.198
Желѣзо.	0.114
Мѣдь	0.095
Олово	0.056
Ртуть	0.033
Свинецъ	0.031

Удѣльная теплота воды наибольшая изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ тѣлъ, кромѣ только водорода и одной изъ смѣсей алкоголя съ водою. Сравнивая одинаковыя по вѣсу количества тѣлъ, мы находимъ, что теплоемкость воды относится къ теплоемкости воздуха какъ 1 къ 0,237 или какъ 4,2 къ 1; но вода въ 770 разъ тяжеле воздуха; потому сравнивая одинаковые объемы ихъ, увидимъ, что эта пропорція 770×4.2 или 3.234 и 1. Слѣдовательно кубическій футъ воды, остывая на 1^0, на столько же согрѣетъ 3.234 кубическихъ футовъ воздуха. Подумавъ объ этомъ фактѣ, увидимъ, какое значеніе имѣетъ онъ относительно вліянія моря на климатъ, и поймемъ, почему въ островномъ климатѣ сравнительно съ континентальнымъ нѣтъ крайностей жара и мороза. Намъ скоро прійдется говорить о томъ, какъ система кругообращенія водъ великихъ океановъ, отъ экватора къ полюсамъ и изъ глубочайшаго низа къ поверхности, разъясненная изслѣдованіями

ЭР01685

въ плаваніи «Челленджера» и другими изысканіями англійскихъ моряковъ, умѣряетъ суровость климата во многихъ областяхъ земнаго шара, и особенно на западныхъ берегахъ Европы.

Мы должны теперь изслѣдовать способъ прохожденія теплоты черезъ тѣла. Опытъ показываетъ намъ, что разныя вещества очень неодинаковы между собою по своей способности пропускать черезъ себя этотъ родъ молекулярнаго движенія, иначе говоря: своею теплопроводимостью. Это покажетъ простой примѣръ: опустимъ въ сосудъ съ горячею водою двѣ ложки, одну изъ чистаго серебра, другую изъ нейзильбера, черезъ нѣсколько секундъ свободный конецъ серебряной ложки будетъ гораздо горячѣе своего сосѣда; и если повторить опытъ положивъ на свободные концы кусочки фосфора, фосфоръ на концѣ серебряной ложки расплавится и вспыхнетъ, а другой кусочекъ останется безъ всякой перемѣны.

Изъ твердыхъ тѣлъ, лучше всѣхъ проводятъ теплоту металлы (кромѣ висмута); за ними слѣдуютъ камень, стекло и мраморъ, древесный уголь, животныя ткани, растительныя ткани. Слѣдущая таблица показываетъ относительную способность металловъ проводить тепло и проводить электричество. Мы имѣемъ твердое основаніе считать обѣ эти силы формами молекулярнаго движенія, и изъ таблицы видно, какъ велико сходство между ними.

Тѣла.	Способность проводить тепло.	Способность проводить электричество.
Серебро	100	100
Мѣдь (красная)	74	73
Золото	53	59
Латунь	24	22
Олово	15	23

ЭР01685

Тѣла.	Способность проводить тепло.	Способность проводить электричество.
Желѣзо	12	13
Свинецъ	9	11
Платина	8	10
Нейзильберъ	6	6
Висмутъ	2	2

Мы во множествѣ случаевъ пользуемся тѣмъ, что не у всѣхъ твердыхъ тѣлъ одинакова способность проводить тепло. Мы снабжаемъ деревянными или костяными ручками металлическіе инструменты; деревянный домъ прохладнѣе каменнаго лѣтомъ и теплѣе его зимой; мы осыпаемъ ледъ опилками или покрываемъ его фланелью, чтобъ онъ не таялъ; котлы и трубы паровыхъ машинъ мы одѣваемъ (или имѣли бы выгоду одѣть) войлокомъ. Естественная одежда животныхъ и ея употребленіе на надобности человѣческой жизни также примѣры пользы отъ незначительной способности проводить тепло; результатъ этого качества увеличивается тѣмъ, что воздухъ, находящійся между перепутанныхъ волосъ, перьевъ и проч., почти совершенно не проводитъ тепла, пока остается безъ движенія.

Надобно замѣтить, что ощущеніе холода производится отнятіемъ теплоты у нашего собственнаго тѣла. Температура крови приблизительно 98° Фар. *) и когда мы кладемъ руку на предметъ, имѣющій температуру окружающаго воздуха, рука чувствуетъ, что этотъ предметъ болѣе или менѣе холоденъ; степень ощущенія опредѣляется скоростью, съ какою теплота переходитъ изъ руки въ предметъ, то есть теплопроводимостью его вещества. Въ суровую зиму на сѣверѣ

ЭР01685

*) Приблизительно 37° Цельса.

Соединенныхъ Штатовъ всѣмъ берущимъ въ руки металлы на открытомъ воздухѣ, совершенно необходимо быть въ перчаткахъ: металлъ не холоднѣе окружающаго воздуха; но онъ хорошій проводникъ, потому очень бытро отнимаетъ у руки теплоту, и произведетъ на нагой кожѣ нарывы отъ холода.

Опыты, дѣланные для измѣренія теплопроводимости жидкостей и газовъ, показали, что она очень мала. Но теплота быстро передается черезъ эти среды, передвиженіемъ согрѣвшихся частицъ, — такъ называемымъ процессомъ «перенесенія». Онъ происходитъ оттого, что нагрѣвшіяся части жидкости, какъ мы увидимъ, расширяются, то есть, ихъ удѣльный вѣсъ уменьшается; равновѣсіе оказывается нарушеннымъ и происходитъ движеніе во всей массѣ. Помѣщаемый здѣсь рисунокъ (фиг. 15) показываетъ, какъ идутъ въ водѣ потоки перенесенія теплоты, когда вода нагрѣвается снизу. Мыслящему уму легко припомнится множество примѣровъ происходящаго въ природѣ перенесенія теплоты въ обширномъ размѣрѣ: застываніе большихъ массъ прѣсной воды зимою, движеніе воздуха по всяческимъ системамъ вентиляціи, пассатные вѣтры, производимые тѣмъ, что солнце нагрѣваетъ воздухъ подъ экваторомъ, да и всякій вообще вѣтеръ. Изслѣдованія температуры моря на разныхъ глубинахъ, дѣланные на Поркьюпейнѣ, Челленджерѣ и другихъ корабляхъ, показываютъ, что въ великихъ бассейнахъ океановъ происходитъ постоянное круговращеніе водъ и въ вертикальномъ и въ горизонтальномъ направленіяхъ: верхніе слои движутся отъ экватора къ полюсамъ, а нижніе медленно тянутся по дну



Фиг. 15.

ЭР01685

отъ полюсовъ къ экватору; но и верхніе и нижніе подвергаются въ своемъ передвиженіи, какъ пассатные вѣтры, вліянію обращенія земли около ея оси: верхнее теченіе, направляющееся къ полюсу, отклоняется къ востоку, а нижнее, направляющееся на югъ, отклоняется къ западу. Надобно думать, что главная причина этого великаго непрерывнаго круговращенія не столько экваторіальный жаръ, сколько полярный холодъ.

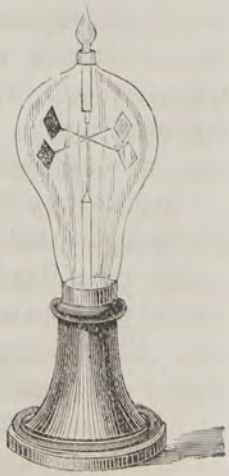
Обмѣнъ теплоты между тѣлами, неприкасающимися другъ къ другу, происходитъ посредствомъ процесса, называющагося лучеиспусканіемъ. Нагрѣтое тѣло охлаждается на воздухѣ этимъ процессомъ; онъ причина того, что приближаясь къ огню мы чувствуемъ жаръ, и что теплота солнца достигаетъ земли и другихъ планетъ. Лучистая теплота идетъ по пространству прямыми линіями, съ тою же самою скоростью, какъ свѣтъ, и точно такъ же, какъ свѣтъ, отражается зеркалами и преломляется оптическими стеклами; общеизвѣстный примѣръ тому представляютъ такъ называемыя зажигательныя стекла.

То, какова поверхность тѣла, имѣетъ очень большое вліяніе на пропорцію, въ какой оно теряетъ теплоту лучеиспусканіемъ. Тѣ поверхности, которыя лучше другихъ испускаютъ теплоту, быстрѣе другихъ и воспринимаютъ ее. Эти различія имѣютъ очень важное вліяніе на явленіе природы, потому, косвеннымъ образомъ, и на человѣческую жизнь. Способность поверхности отражать теплоту — обратно пропорціональна ея способности испускать или поглощать теплоту, какъ это видимъ въ слѣдующей таблицѣ, въ которой сумма цифръ при каждомъ тѣлѣ равняется 100.

ЭР01685

	Способность лучеиспусканія.	Способность отраженія.
Ламповая сажа	100	0
Стекло	90	10
Сталь	17	83
Платина	17	83
Полированная латунь	7	93
Красная мѣдь	7	93
Золото	5	95
Полированное серебро	3	97

Свойства лучистой теплоты были предметомъ спеціальныхъ изслѣдованій профессора Тиндаля. Онъ показалъ, какъ тѣсно связаны они съ свойствами другой формы энергіи, которую мы называемъ свѣтомъ. Вѣроятно, можно назвать обѣ эти формы энергіи «лучистою энергіею». Ея дѣйствія прекрасно разъясняются радіометромъ мистера Крукса. Въ этомъ инструментѣ четыре маленькія слюдяныя крылушка, съ одной стороны зачерненныя, прикрѣплены къ оси и все это поставлено въ шаръ, изъ котораго потомъ вытягиваютъ почти весь воздухъ (фиг. 16). Когда мы дадимъ лучистой энергіи, напримѣръ, свѣту свѣчи, падать на шаръ, она поглощается темными сторонами крылушекъ; молекулярное движеніе, возбуждаемое этимъ въ частицахъ газа, оставшихся въ шарѣ, мгновенно преобразуется въ видимое движеніе, и крылушки начинаютъ вращаться со скоростью, измѣняющеюся въ нѣкоторой зависимости отъ измѣненій интенсивности свѣта.



Фиг. 16.

ЭР01685

Опрометчиво было бы выводить изъ этого заключеніе, что лучистая теплота и свѣтъ тожественны. Но дѣйствительно, они распространяются однимъ и тѣмъ же способомъ, волнообразнымъ движеніемъ эѳира, который, по общепринятой нынѣ «теоріи волнъ», находится въ пространствѣ повсюду. Длина этихъ волнъ можетъ быть измѣряема, и тѣ изъ нихъ, которыя дѣйствуютъ на наши чувства какъ теплота, гораздо длиннѣе тѣхъ, которыя дѣйствуютъ на нашъ глазъ, какъ свѣтъ. Далѣе: многія тѣла, какъ напримѣръ стекло, совершенно прозрачны для свѣта, но непрозрачны для лучистой теплоты; другія, напримѣръ іодъ въ растворѣ, совершенно непрозрачны для свѣта, но чрезвычайно хорошо пропускаютъ черезъ себя теплоту. Степень влажности воздуха имѣетъ очень большое вліяніе на удобопроходимость его для лучистой теплоты.—Надобно замѣтить, что прохожденіе лучистой теплоты черезъ среду само по себѣ *нисколько не нагрѣваетъ ея.* Лучистая теплота становится ощущаемымъ тепломъ только когда волны, которыми распространяется она, не отражаются и не пропускаются, а поглощаются.

Переходимъ теперь къ разсмотрѣнію дѣйствій теплоты на матерію. Одно изъ первыхъ и самыхъ очевидныхъ между этими дѣйствіями то, что, всѣ тѣла, за исключеніемъ двухъ, трехъ, расширяются нагрѣваясь, и сжимаются остывая. Твердыя тѣла расширяются при этомъ по всѣмъ тремъ измѣреніямъ: и въ длину, и въ ширину, и въ толщину. То, что нагрѣвающійся прутъ увеличивается въ длину, служитъ, въ инструментѣ, который называется пирометромъ, средствомъ измѣрять очень высокія температуры: удлиняющійся прутъ надавливаетъ короткій конецъ изогнутаго рычага, на длинномъ концѣ котораго движется по скалѣ указательная стрѣлка. Твердыя тѣла очень неодинаковы по величинѣ своего расширенія при равномъ повышеніи температуры. Механиче-

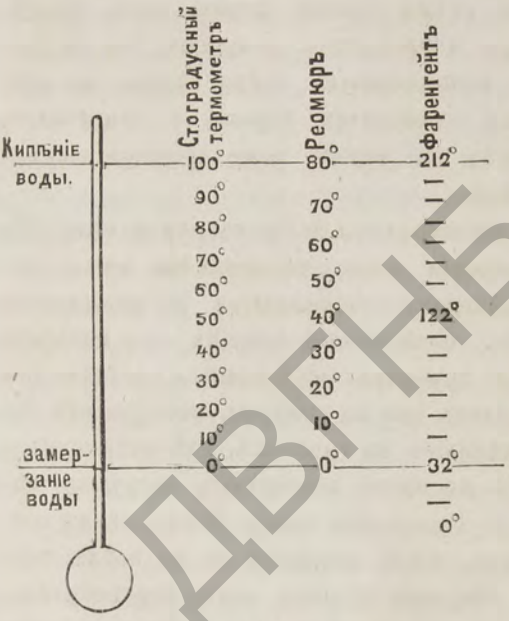
ЭР01685

ская энергія этого молекулярнаго движенія при измѣненіяхъ температуры очень велика; напримѣръ, желѣзный прутъ въ квадратный дюймъ толщиною, охладившись на 80° Фар., сжимается съ силою пятидесяти тоннъ около 3,100 пудовъ. Иногда пользуются этимъ для возстановленія отвѣсности покоробившихся стѣнъ зданія: сквозь нихъ продѣваютъ желѣзныя полосы и раскаливъ до-красна, на выдающіеся наружу концы навинчиваютъ гайки вплоть къ стѣнамъ; остывая, полосы становятся короче и стягиваютъ стѣны. Надѣваніе шинъ на колеса тоже примѣръ сжиманія охлаждающихся тѣлъ.

Жидкости вообще расширяются болѣе твердыхъ тѣлъ. Но и онѣ въ этомъ отношеніи очень неодинаковы между собою. Показанія термометровъ основываются на расширеніи жидкостей отъ теплоты. Стеклянный шарикъ, изъ котораго идетъ длинная тонкая трубочка, наполняется ртутью или спиртомъ; чтобы раздѣлить его на градусы, погружаютъ его въ тающій ледъ и отмѣчаютъ на трубочкѣ, гдѣ остановился столбикъ жидкости; то же самое повторяютъ погружая шарикъ въ кипящую воду. Разстояніе между этими двумя точками дѣлятъ на градусы, число которыхъ не на всѣхъ термометрахъ одинаково. Научное дѣленіе, очень употребительное на континентѣ и въ обыденной жизни, имѣетъ 100 градусовъ между точкою таянія льда (отмѣчаемою знакомъ 0°), и точкою кипѣнія воды, которой соотвѣтствуетъ цифра 100°. Это называется стоградусною скалою. Слѣдовало бы повсюду принять ее. Въ Сѣверной Европѣ между точкою таянія льда (0°) и точкою кипѣнія воды считаютъ 80 градусовъ; это называется Реомюровою скалою. Въ странахъ англійскаго языка употребляютъ скалу Фаренгейта, въ которой между точками таянія льда и кипѣнія воды считается 180 градусовъ; но 0° или «нуль градусовъ» на ней не темпера-

ЭР01685

тура таянія льда, а точка гораздо ниже этого, на разстояніи, соотвѣтствующемъ по этой скалѣ 32 частямъ ея дѣленія на 180 частей между тѣми двумя точками; такимъ образомъ, на скалѣ Фаренгейта, точка замерзанія, которая на другихъ скалахъ отмѣчается нулемъ, отмѣчена цифрою 32°, и точка кипѣнія воды по этой скалѣ $32^0 + 180^0 = 212°$. Такимъ образомъ разстояніе между температурами таянія льда и кипѣнія воды раздѣлено въ однихъ термометрахъ на 100°, въ другихъ на 80°, въ третьихъ на 180° и пропорціи между градусами стоградусной скалы иначе называемой скалою Цельса, скалы Реомюра и скалы Фаренгейта: 100; 80; 180 или : 5; 4; 9; и, по обыкновенному способу писать это: 5° C. = 4 R = 9 F. Температуры таянія льда и кипѣнія воды — основныя точки; всѣ градусы выше и ниже ихъ получаются просто тѣмъ, что скалу продолжаютъ въ томъ и другомъ направленіяхъ.



Фиг. 17.

Самое замѣчательное исключеніе изъ закона расширенія жидкостей отъ теплоты — фактъ, относящійся къ прѣсной водѣ. Наибольшую плотность — то есть, наибольшій удѣль-

ДВГНБ

ЭР01685

ный вѣсъ — она имѣетъ при 4° С. Нагрѣваясь выше, или охлаждаясь ниже этого, она расширяется; и когда обращается въ ледъ, расширеніе вдругъ увеличивается на очень большую пропорцію: ледъ, какъ извѣстно, плаваетъ на водѣ. Не будь этого интереснаго отступленія отъ общаго закона, озера прѣсной воды въ суровыя зимы становились бы сплошными массами льда, вся животная жизнь въ нихъ, вѣроятно, погибла бъ, и климатъ ихъ окрестностей былъ бы очень холоденъ.

Довольно замѣчателенъ тотъ фактъ, что натуралисты, когда еще не было опытовъ, нѣсколько опрометчиво полагали, будто бы морская вода слѣдуетъ тому же правилу, какъ прѣсная, и потому предсказывали, что «въ морской глубинѣ повсюду окажется господствующею температура въ 4° С.» Но опытъ показываетъ, что морская вода продолжаетъ сжаматься до самой точки своего замерзанія; наблюденія температуры морской глубины, о которыхъ мы говорили, подтверждаютъ этотъ фактъ и доказываютъ справедливость важныхъ выводовъ, дѣлаемыхъ изъ него.

Расширеніе разныхъ металловъ между точками замерзанія и кипѣнія воды простирается приблизительно отъ одной до трехъ частей на 1,000 по каждому измѣренію. Объемъ воды при такомъ повышеніи температуры увеличивается на 43.15 тысячныхъ долей, то есть 1,000 галлоновъ воды получаютъ объемъ въ $1{,}043\frac{1}{7}$ галлона. Три кубическіе галлона воздуха и почти всѣхъ другихъ газовъ при такомъ же повышеніи температуры получаютъ объемъ приблизительно въ 4 галлона, или, точнѣе: 1,000 кубическихъ футовъ воздуха получаютъ объемъ въ 1,367, кубическихъ футовъ, если давленіе остается прежнее.

Расширеніе газовъ отъ теплоты ясно видимъ, нагрѣвая ихъ въ сосудѣ (фигура 18), снабженномъ трубкою, которая

ЭР01685

закрыта съ одного конца, наполнена водою и опрокинута въ воду другимъ открытымъ концомъ. Восхожденіе шара съ нагрѣтымъ воздухомъ вверхъ отъ земли, вентиляція рудниковъ, восходящіе токи воздуха, производящіе вѣтеръ (и при извѣстныхъ условіяхъ влажности, производящіе также облака)— все это примѣры дѣйствій, происходящихъ отъ перемѣнъ плотности или удѣльнаго вѣса воздуха, которыя сами происходятъ отъ расширенія, производимаго теплотою.



Фиг. 18.

Разсмотрѣвъ измѣненіе массы тѣла отъ теплоты, внимательно посмотримъ теперь, какъ дѣйствуетъ теплота на частицы, составляющія тѣло. То, въ какомъ состояніи находится тѣло: въ плотномъ, капельно-жидкомъ или газообразномъ, очень много зависитъ отъ температуры и давленія, подъ дѣйствіемъ которыхъ находится тѣло,— говорили мы въ предъидущей главѣ, и разъясняли это ссылкою на различныя состоянія воды. Дѣйствіемъ сильнаго холода и большаго давленія, въ послѣднее время были сгущены въ состояніе жидкостей даже такъ называемые неизмѣнные газы, кислородъ и водородъ. Съ другой стороны, сильная теплота дуги между заостренными концами углей электрическаго свѣта (глава V) не только плавитъ, обращаетъ въ паръ самые трудноплавкіе металлы. И такъ тепловая энергія измѣняетъ молекулярное состояніе матеріи.

Ближе всмотрѣвшись въ эту перемѣну, найдемъ, что при

ЭР01685

переходѣ вещества изъ твердаго состоянія въ капельно-жидкое или изъ капельно-жидкаго въ газообразное исчезаетъ огромное количество теплоты, а перемѣны въ обратномъ направленіи всегда сопровождаются тѣмъ, что производится замѣтная нашимъ чувствамъ теплота. Напримѣръ, если смѣшаемъ фунтъ воды, температуры 0°С. съ фунтомъ воды температуры 78°С., получимъ 2 фунта воды температуры 39°С. А смѣсь фунта *льда* температуры 0°С. съ фунтомъ *воды* температуры 78°С. будетъ имѣть температуру только 0°С. Куда же исчезла теплота воды? Единственная разница между первымъ и вторымъ опытомъ та, что въ первомъ холодное вещество было *жидкая* вода, а во второмъ ледъ или *твердая* вода. Въ прежнихъ книгахъ это явленіе объясняли словами, что исчезнувшая теплота «стала скрытою»; это выраженіе употребляется и теперь для *описанія* факта; но оно не объясняетъ его. Почему жь теплота становится скрытою? Истинное объясненіе, основанное на принципѣ сохраненія энергіи, состоитъ въ томъ, что теплота здѣсь *расходуется на преодолѣніе* силы сцѣпленія между молекулами воды и такимъ образомъ обращается, такъ сказать, въ энергію положенія.

Опыты показали, что фунтъ воды температуры 100°С., обращаясь въ паръ, поглощаетъ количество теплоты, достаточное для повышенія температуры 537 фунтовъ воды на одинъ градусъ, а паръ при этомъ получается не теплѣе, чѣмъ была вода. Тутъ теплота тоже «перенесла свою потенціальную энергію на атомы», какъ показываютъ попытки сдѣлать этотъ опытъ въ запертомъ пространствѣ: кубическій дюймъ воды производитъ почти цѣлый кубическій футъ пара.

И такъ, можно вообще сказать, что перемѣна состоянія въ направленіи отъ твердаго тѣла къ газу сопровождается

ЭР01685

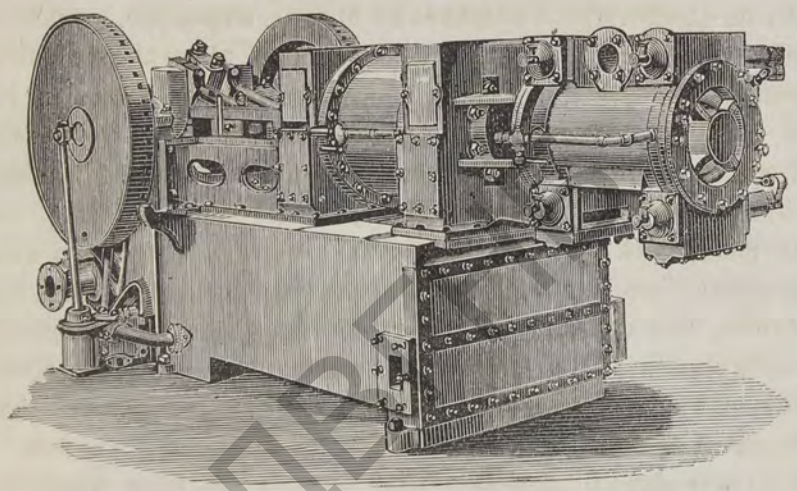
поглощеніемъ теплоты, иначе сказать, происходитъ холодъ. Охлаждающія смѣси, въ которыхъ твердыя тѣла—напримѣръ, снѣгъ и соль лишь только будутъ положены вмѣстѣ, быстро таютъ,—основаны на этомъ принципѣ; также и всѣ охлаждающія машины, дѣйствіе которыхъ производится быстрымъ испареніемъ летучей жидкости, напримѣръ, эѳира, сѣрной кислоты, или раствора амміака. Во всѣхъ этихъ случаяхъ отнимаемая у охлаждаемаго тѣла теплота возстановляется въ той части машины, гдѣ паръ сгущается въ жидкость.

Когда расходуется работа на газъ, напримѣръ, когда сжимаютъ воздухъ (или газъ) механическими средствами, развивается теплота, а когда этому газу даютъ снова расшириться, поглощается теплота, иначе сказать, производится холодъ. Теплоту, производимую сжиманіемъ воздуха, можно показать наглядно, положивъ кусочекъ сухаго трута подъ пистонъ воздушнаго огнива, заперевъ отверстіе цилиндра и быстро всунувъ пистонъ къ дну его: теплота, развивающаяся отъ этого, зажжетъ трутъ, какъ увидимъ это, вынувъ пистонъ.

Въ послѣдніе годы люди, занимающіяся примѣненіемъ научныхъ открытій къ практическимъ цѣлямъ, Белль-Кольмэнъ, Гэргривзъ и другіе, очень удачно воспользовались для устройства охлаждающихъ машинъ, холодомъ, развивающимся при расширеніи воздуха. Такія машины (фигура 19) теперь въ большомъ употребленіи для замораживанія мяса и поддержанія низкой температуры въ камерахъ, гдѣ оно сохраняется; этимъ способомъ, въ послѣднее время грузы свѣжаго мяса привозятся въ Англію изъ Австраліи и Новой Зеландіи въ такомъ хорошемъ состояніи, что ихъ нельзя отличить отъ мяса скота, битаго въ Англіи. Воздухъ сжимается насосами, приводимыми въ дѣйствіе небольшою паровою машиною и запирается въ крѣпкіе резервуары, кругомъ которыхъ течетъ морская вода; сжатый воздухъ охла-

ЭР01685

ждается этимъ до температуры поверхности океана; послѣ того ему даютъ расширяться въ камерѣ, гдѣ лежитъ замороженное мясо; эта камера, разумѣется закрыта, (въ ней оставлены лишь отверстія для впуска и выпуска воздуха) и обложена непроводящимъ теплоту веществомъ. Температуру



Фиг. 19.

въ ней держатъ, какую надобно, регулируя объемъ пропускаемаго въ нее воздуха; какое количество его нужно впускать, опредѣляется его температурою, а она, въ свою очередь, зависитъ отъ степени сжиманія, изъ котораго онъ расширяется. Очевидное преимущество этого процесса состоитъ въ томъ, что при немъ не употребляется «химическихъ средствъ», запахъ которыхъ можетъ внѣдряться въ мясо.

Разсмотримъ теперь ту машину, которая превращаетъ теплоту въ работу для практическихъ цѣлей, паровую машину. Работа или движеніе производится, какъ извѣстно, посредствомъ силы расширенія пара, пускаемаго поочередно

ЭР01685

надавливать то на одну, то на другую сторону ~~пистона~~ поршня, плотно прилегающаго къ стѣнкамъ замкнутаго цилиндра, въ которомъ онъ движется вверхъ и внизъ; совершивъ работу, паръ выходитъ въ воздухъ (въ локомотивахъ и другихъ машинахъ «высокаго давленія») или въ холодную камеру, «конденсаторъ» (какъ въ обыкновенныхъ пароходныхъ и въ стоящихъ на одномъ мѣстѣ машинахъ). Многіе, вѣроятно, удивятся, услышавъ, какъ далеко отъ совершенства дѣйствіе паровыхъ машинъ даже новѣйшей конструкціи: онѣ превращаютъ въ работу не болѣе осьмнадцати процентовъ, то есть, менѣе пятой части энергіи, порождаемой горѣніемъ топлива. Великій авторитетъ, сэръ Уильямъ Эрмстронгъ, говоритъ даже, что если раздѣлимъ всю потенціальную энергію каменнаго угля сжигаемаго въ паровыхъ машинахъ, на десять частей, то найдемъ, что двѣ части улетаютъ въ трубу, одна утрачивается лученспусканіемъ, *только одна превращается въ работу*, остальныя шесть растрачиваются машиною совершенно безполезно. Если бы каменный уголь не былъ такъ дешевъ, а всѣ другія формы потенціальной энергіи не были такъ дороги, паровая машина была бы очень убыточнымъ способомъ производства работы. Покажемъ теперь, почему это такъ, и почему нельзя ожидать никакого особенно значительнаго усовершенствованія паровой машины въ этомъ отношеніи.

Есть условіе, которое должно быть строго исполняемо для полученія механической работы отъ теплоты; нужна разница температуры; теплота должна переходить изъ тѣла болѣе теплаго въ тѣло менѣе теплое. Это подобно тому, что вода производитъ работу не иначе, какъ стекая съ болѣе высокаго уровня на менѣе высокій. Какую же разницу можно на практикѣ поддерживать между паровикомъ и конденсаторомъ паровой машины? Отвѣчая на этотъ вопросъ, мы должны принимать въ разсчетъ не термометри-

ЭР01685

ческія разницы только, но и абсолютное количество теплоты или единицъ тепла въ той и въ другой термометрической температурѣ, а для этого мы должны узнать, что такое *абсолютный нуль температуры*. Законъ расширенія газовъ отъ теплоты говоритъ намъ, что газы расширяются на $^1/_{273}$ долю своего объема при каждомъ повышеніи температуры на 1°С., такъ что при 273°С. эластическая сила газа вдвое болѣе его силы при 0° С. Предполагая, что тотъ же самый законъ дѣйствуетъ и по противоположному отъ 0°С. направленію, при 273°С., то есть при температурѣ 273 ниже нуля, газъ долженъ вовсе не имѣть эластической силы. Итакъ, эта температура — 273°С. Хотя она и не извѣстна намъ по опыту, должна, вѣроятно, считаться *абсолютнымъ нулемъ* температуры. Беремъ теперь обыкновенную паровую машину съ давленіемъ пара въ три съ половиною атмосферы или въ 53 фунта на квадратный дюймъ *). Температура пара такого давленія 300° F. Температуру конденсатора нельзя на практикѣ удерживать ниже 110°F. Итакъ, мы имѣемъ:

Теплота въ паровикѣ . $300^0 + 461^0 = 761$ единица теплоты
Теплота въ конденсаторѣ. $110^0 + 461^0 = 571$ » »
Разница, могущая быть обращенною на
работу . . . . 190 » » **)

То есть: четвертая доля всей энергіи (100 частей изъ 761) можетъ быть обращена на производство движенія, даже если предположить, что нѣтъ никакихъ другихъ источниковъ по-

*) То есть, около 58 русскихъ фунтовъ на квадратный дюймъ.

**) По разсчету стоградуснаго термометра получатся, приблизительно, слѣдующія цифры: температура пара 149°С.; температура конденсатора ниже температуры пара на 105°С.

температура въ паровикѣ . . . . . $149^0 + 273^0 = 422^0$
» » конденсаторѣ . . . . $44^0 + 273^0 = 317^0$
разность . . . . 105^0

ЭР01685

тери энергіи; нѣтъ, напримѣръ, ни тренія, ни лучеиспусканія, и ничего подобнаго. Несравненно лучше въ этомъ отношеніи, какъ мы увидимъ въ главѣ VI, машина, устроенная самою природою, человѣческое тѣло, въ которомъ энергія происходитъ отъ сгоранія пищи.

Томсонъ замѣчаетъ, что мы, съ величайшею легкостью превращая работу въ теплоту, не знаемъ процесса, которымъ вся теплота могла бы быть превращаема снова съ работу; что собственно говоря, процессъ превращенія работы въ теплоту безвозвратенъ. Выводъ изъ этого тотъ, что механическая энергія, вселенной непрерывно превращается все болѣе и болѣе въ теплоту, а теплота менѣе высокая степень энергіи и потому не можетъ превратиться въ работу (подобно тому, какъ ниспадаетъ она въ паровой машинѣ, и подняться на прежнюю высоту не можетъ). Изъ этого понятно, что можетъ наконецъ прійти время, когда вселенная станетъ равно нагрѣтою массою, совершенно неспособною производить работу, потому что производство работы теплотою обусловливается разностью температуры. Слѣдовательно, хотя въ строго механическомъ смыслѣ энергія и сохраняется неучтожимою, но по отношенію къ полезности или пригодности для живыхъ существъ, энергія вселенной находится въ процессѣ ухудшенія. Разлитая повсюду теплота образуетъ, такъ сказать, обноски вселенной, и груда ихъ ростетъ съ году на годъ... Мы видимъ начало, при которомъ частицы матеріи находились въ разрозненномъ хаотическомъ состояніи, но были одарены силою тяготѣнія, и видимъ конецъ, при которомъ вся вселенная будетъ одною равно — нагрѣтою инертною массою, изъ которой изчезло все, подобное жизни, или движенію, или красотѣ. *).

*) Conservation of Energy, by Balfour Stewart. («Сохраненіе энергіи» Бэльфора Стьюарта), стран. 153.

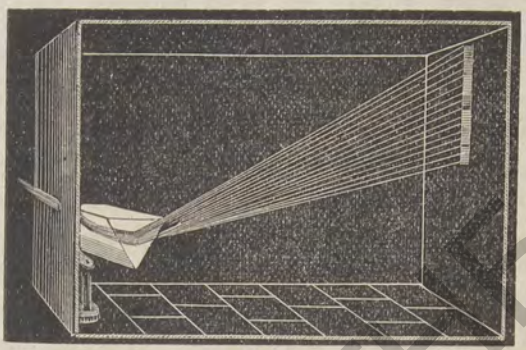
ЭР01685

Въ этомъ состоитъ ученіе, извѣстное подъ именемъ «разсѣянія энергіи», Dissipation of Energy; соображенія о немъ очень интересны, но занимаясь ими мы не должны терять изъ памяти, что они прилагаются только къ физической вселенной или, вѣрнѣе сказать, только къ тѣмъ частямъ физической вселенной, которыя ощущаются нашими чувствами.

Мы уже говорили о тѣсной связи между теплотою и свѣтомъ, и быть можетъ полезно будетъ замѣтить здѣсь, что всѣ тѣла, когда достаточно нагрѣты, испускаютъ свѣтъ, и что цвѣтъ свѣта твердыхъ тѣлъ и жидкостей (напримѣръ, расплавленныхъ металловъ) опредѣляется температурою, до которой нагрѣто тѣло. На признаніи этого факта основаны выраженія, которыми на житейскомъ языкѣ разныя степени жара опредѣляются цвѣтомъ свѣта металловъ: «красное каленіе», «бѣлое каленіе» и проч. Есть очень точный способъ распознавать или анализировать цвѣтъ свѣта; онъ состоитъ въ томъ, что пропускаютъ лучъ свѣта черезъ трехгранный кусокъ стекла, называемый призмою. Мы видимъ тогда разноцвѣтную ленту, (фигура 20); этой лентѣ дано названіе спектра. Видя радугу, мы видимъ проэкцію спектра солнечнаго свѣта. Для того чтобы разсматривать цвѣта спектра, устроенъ инструментъ, называющійся спектроскопомъ (существенныя части его призма; щель, дающая узкую полоску свѣта; оптическія стекла). Спектроскопъ показалъ: 1) всѣ твердыя и жидкія тѣла, когда достаточно нагрѣты, испускаютъ всѣ роды свѣта; или, иными словами: каково бы ни было ихъ вещество, всѣ ихъ спектры одинаковы; это непрерывныя цвѣтныя ленты; 2) когда газы или пары такъ нагрѣты, что свѣтящія, они испускаютъ свѣтъ лишь немногихъ родовъ, и нѣтъ двухъ простыхъ тѣлъ которыя давали бъ одинаковые спектры; иными словами: спектры раскаленныхъ газовъ, (напримѣръ, спектры паровъ металловъ) разные кусочки цвѣтной

ЭР01685

ленты составляющіе; и у каждаго газа группа этихъ цвѣтныхъ кусочковъ своя особая. На этихъ фактахъ основывается цѣлая наука спектральнаго анализа, примѣненіемъ котораго мы открываетъ въ нашихъ земныхъ тѣлахъ вещества, входящія въ ихъ составъ очень маленькими долями, и открываемъ земныя вещества въ атмосферахъ солнца, звѣздъ, кометъ, туманныхъ пятенъ и пр. Разсматривая спектръ, опытный наблюдатель съ достовѣрностью рѣшаетъ, въ газообразномъ ли состояніи находится вещество, испускающее этотъ свѣтъ, или въ густомъ (твердомъ или въ капельножидкомъ) и если это газъ, онъ съ точностью опредѣляетъ, какой именно это газъ. Натуралисты при помощи спектра слѣдятъ за измѣненіями, постоянно происходящими въ атмосферѣ источника почти всей энергіи на землѣ, солнца; опредѣляютъ приблизительными цифрами температуру свѣтящихся газовъ и давленія, подъ которыми они находятся, и, что́ еще удивительнѣе, съ довольно большою точностью опредѣляютъ, относительно нѣкоторыхъ звѣздъ, съ какими скоростями по прямой линіи зрѣнія приближаются онѣ къ землѣ или удаляются отъ нея.



Фиг. 20.

Мы разсматривали только физическое дѣйствіе теплоты на матерію, то есть, дѣйствіе не производящее никакой перемѣны въ самомъ веществѣ, а измѣняющее лишь состоянія его. Но одно изъ важнѣйшихъ дѣйствій теплоты состоитъ

ЭР01685

въ томъ, что она производитъ въ матеріи такъ называемыя химическія измѣненія; это тѣ измѣненія, процессъ которыхъ охватываетъ два разныя вещества или нѣсколько ихъ и производитъ изъ нихъ новыя вещества. Напримѣръ, въ каждомъ подвалѣ, гдѣ лежитъ каменный уголь, находится въ этомъ топливѣ большой запасъ потенціальной энергіи, источникомъ которой было солнце (глава VI); есть тамъ и кислородъ, надобный для горѣнія этого топлива. Но нѣтъ огня чтобы привести въ дѣйствіе энергію химическаго притяженія, необходимо приложить къ каменному углю теплоту, и когда это сдѣлано, химическое дѣйствіе, лишь началось, ужь будетъ продолжаться; будетъ производиться большое количество энергіи и съ тѣмъ вмѣстѣ будетъ исчезать каменный уголь, превращаясь въ газообразное тѣло, углекислоту. При этомъ превращеніи химической энергіи въ тепловую, о которомъ мы будемъ подробно говорить въ слѣдующей главѣ, теплоту можно разсматривать какъ механическій результатъ столкновенія атомовъ углерода съ атомами кислорода.

ДВГНБ

ЭР01685

БИБЛІОТЕКА
Е.К.ДЕРЯГИНОЙ
бывш. дивѣевъ

ГЛАВА III.

Химическое притяженіе и въ частности горѣніе.

Мы разсматривали дѣйствіе тепловой энергіи на одно какое нибудь вещество; само вещество тутъ не измѣняется въ другое вещество, измѣняется только его состояніе. Измѣненія этого рода многіе ученые называютъ физическими, въ противоположность химическимъ, при которыхъ подвергаются процессу измѣненія два разныя вещества, или нѣсколько ихъ, и разультомъ процесса оказывается возникновеніе новаго вещества, различнаго по своимъ качествамъ отъ тѣхъ, которыя подвергались процессу. Въ этой главѣ мы будемъ разсматривать отношенія между теплотою и химическимъ притяженіемъ, а въ слѣдующей коснемся, между прочимъ, отношеній между химическимъ притяженіемъ и электрическою энергіею. Передъ нами раскроется обширный разрядъ фактовъ, общій характеръ которыхъ состоитъ въ томъ, что когда разныя вещества соединяются подъ вліяніемъ химическаго притяженія, производится или развивается теплота. Мы увидимъ также, что когда мы хотимъ произвести процессъ въ обратномъ направленіи, передѣлать сдѣланное процессомъ химическаго соединенія веществъ и вновь разъединить ихъ, мы во многихъ случаяхъ можемъ сдѣлать это также примѣненіемъ теплоты. Короче сказать: мы увидимъ, какой

ДВГНБ

ЭР01685

огромный запасъ «потенціальной энергіи» хранится въ тѣхъ веществахъ, которыя имѣютъ сильное химическое притяженіе другъ къ другу, и какое огромное вліяніе теплота имѣетъ на то, чтобы эти различныя вещества соединились или разъединились.

Мы провели рѣзкое различіе между физическими и химическими измѣненіями тѣлъ; но его надобно понимать въ томъ же смыслѣ, какъ, напримѣръ, различіе между животными и растеніями, которое является очень рѣдкимъ, когда для разъясненія его говорятъ: это разница между дубомъ и коровою. Всѣ научныя изслѣдованія имѣютъ тенденцію сглаживать рѣзкія линіи разграниченія и классификаціи, какъ напримѣръ, изслѣдуя низшія формы жизни мы часто находимъ много такихъ организмовъ, о которыхъ не умѣемъ сказать, растенія они, или животныя. (Есть даже основаніе думать, что одинъ и тотъ же организмъ бываетъ одинъ періодъ своей жизни животнымъ, въ другой растеніемъ; относительно одного изъ низшихъ организмовъ это оказывается почти несомнѣннымъ). Точно также есть факты, которые кажутся отчасти физическими, отчасти химическими и о которыхъ трудно рѣшить, къ которому изъ этихъ двухъ классовъ надобно причислять ихъ.

Разсмотримъ теперь три, четыре простыя примѣра химическаго взаимодѣйствія двухъ веществъ, и вліяніе теплоты на нихъ. Если перемѣшать желѣзные опилки съ сѣрнымъ цвѣтомъ, выйдетъ сѣрый порошокъ, въ которомъ частицы желѣза и сѣрнаго цвѣта имѣютъ всѣ качества, характеризующія большія массы желѣза и сѣры. Напримѣръ, если приблизимъ къ этому порошку магнитъ, онъ вытянетъ изъ него къ себѣ всѣ желѣзные опилки. Но если мы приложимъ къ окраинѣ порошка теплоту въ такомъ количествѣ, чтобы расплавилась хоть очень маленькая доля сѣры въ немъ, вся масса

ЭР01685

быстро вспыхнетъ яркимъ краснымъ жаромъ, и когда остынетъ, окажется плотною твердою массою, совершенно не похожею ни на желѣзо, ни на сѣру, и нечувствительною къ дѣйствію магнита. Если опытъ сдѣланъ въ безвоздушномъ пространствѣ, вѣсъ этой массы будетъ совершенно равенъ вѣсу прежняго порошка. Другой примѣръ: смѣсь толченаго каменнаго угля и сѣры тоже сѣрый порошокъ. Но если мы обратимъ въ запертомъ сосудѣ сѣру въ паръ и будемъ впускать туда куски горячаго древеснаго угля, уголь и сѣра будутъ соединяться химически; и если закрытый сосудъ соединенъ съ конденсаторомъ, въ конденсаторѣ окажется свѣтлая прозрачная жидкость, безцвѣтная, какъ вода, но гораздо тяжелѣе ея; эта жидкость, называемая двусѣрнистымъ углеродомъ очень легко загорается и многія вещества, нерастворимыя въ водѣ, распускаются въ ней.

Итакъ, для того чтобы могло произойти химическое притяженіе между атомами или молекулами двухъ веществъ, необходимо привести ихъ въ очень близкое соприкосновеніе. Удобнѣе всего употреблять для этого теплоту, которая, какъ мы видѣли, стремится отдалить частички вещества одну отъ другой и тѣмъ облегаетъ частичкамъ одного вещества доступъ къ частичкамъ другаго *); но часто бываетъ, что очень небольшое расширеніе поверхностей или сильное сдавливаніе сближаетъ тѣла и безъ помощи теплоты въ границы химическаго притяженія. Эти факты были въ послѣднее время предметомъ интересныхъ изслѣдованій. Примѣры представятся намъ далѣе въ этой главѣ.

*) На лекціяхъ, изъ которыхъ произошла эта книга, авторъ пояснялъ это дѣйствіе теплоты сравненіемъ, прикладывая руки одна къ другой съ нераздвинутыми пальцами, такъ что пальцы одной руки не могли входить между пальцами другой. Теплота раздвигаетъ молекулы,—онъ раздвигалъ пальцы, и они могли переплетаться.

ЭР01685

Мы говоримъ теперь о веществахъ, неодинаковыхъ между собою. Потому умѣстно будетъ сказать здѣсь, что всѣ вещества, извѣстныя химикамъ, раздѣляются на два разряда: простыя тѣла, то есть тѣла состоящія только изъ одного вещества. и сложныя, состоящія изъ двухъ или нѣсколькихъ простыхъ. Простыя тѣла, неразложимыя никакими извѣстными намъ процессами, называются также элементами. Теперь извѣстно около семидесяти простыхъ тѣлъ. Изъ нихъ около шестидесяти — очищенные отъ примѣсей металлы: желѣзо, мѣдь, серебро и проч. Изъ остальныхъ десяти или двѣнадцати, которыя не металлы, нѣкоторыя—твердыя тѣла; напримѣръ, углеродъ, сѣра, іодъ; одно—жидкость (бромъ); остальныя при обыкновенномъ давленіи и обыкновенной температурѣ газы; таковы: кислородъ, азотъ, водородъ, хлоръ. Примѣрами химическихъ сложныхъ тѣлъ могутъ служить: мѣлъ, состоящій изъ углерода, кислорода и металла кальція; обыкновенная соль, состоящая изъ натрія и хлора; вода, состоящая изъ кислорода и водорода; хлѣбъ, мясо, почти всѣ другіе сорты пищи, состоящіе изъ четырехъ простыхъ тѣлъ: углерода, водорода, кислорода и азота. (Количество энергіи, какое могутъ доставлять разные сорты пищи, будучи съѣдены нами, и химическія измѣненія, которымъ подвергаются они въ нашемъ тѣлѣ, будутъ размотрѣны нами въ главѣ VI).

Получивъ теперь ясное понятіе о различіи простыхъ тѣлъ отъ сложныхъ, разсмотримъ нѣкоторые случаи общаго закона, что, при соединеніи двухъ или нѣсколькихъ простыхъ тѣлъ и возникновеніи изъ нихъ сложнаго тѣла, атомы одного простаго тѣла устремляются съ большою силою къ атомамъ другаго, и сумма теплоты, развиваемая ихъ столкновеніемъ, пропорціональна взаимному притяженію атомовъ одного изъ соединяющихся тѣлъ къ атомамъ другаго.

ЭР01685

Самый обыкновенный примѣръ химическаго соединенія представляетъ намъ горѣніе, во всѣхъ своихъ формахъ: сожиганіе топлива для нагрѣванія дома и приготовленія кушанья, для металлургическихъ цѣлей, между прочимъ для выплавки металловъ, для произведенія механической силы, напримѣръ, въ паровыхъ машинахъ или сожиганіе пороха для стрѣльбы, для взрыванія скалъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, тепловая энергія развивается изъ химическаго притяженія между сожигаемымъ веществомъ и кислородомъ; и во всѣхъ, кромѣ послѣдняго (которымъ займемся послѣ) кислородъ доставляется окружающимъ насъ воздухомъ, въ которомъ онъ составляетъ пятую часть, и процессъ горѣнія производитъ сложныя тѣла, которыя ни топливо, ни кислородъ, но состоятъ изъ топлива и кислорода, и изъ которыхъ, посредствомъ обратнаго процесса, посредствомъ выдѣленія кислорода изъ нихъ, могутъ быть получены опять кислородъ и составныя части топлива.

Вещества, служащія топливомъ, состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода и водорода въ разныхъ пропорціяхъ. Тоже можно сказать и о веществахъ, употребляемыхъ для освѣщенія (кромѣ электрическаго освѣщенія, о которомъ будемъ говорить въ главѣ V). Древесный уголь и тотъ особенный сортъ твердаго лоснящагося каменнаго угля, который называется антрацитомъ,—почти чистый углеродъ. Парафиное масло и каменноугольный газъ состоятъ почти исключительно изъ углерода и водорода. Дерево и смолистый каменный уголь, то есть обыкновенный спекающійся каменный уголь, который во всеобщемъ употребленіи у насъ, содержатъ въ себѣ, кромѣ углерода и водорода, небольшое количество кислорода; точно также сало и растопленное масло и элегантное, но дорогое топливо, спиртъ. Разницы въ качествахъ этихъ разныхъ веществъ и въ процессѣ ихъ горѣнія, проис-

ЭР01685

ходятъ въ значительной степени отъ различія пропорціи водорода и углерода въ ихъ составѣ. Парафиновое масло и спиртъ горятъ въ одинаковыхъ лампахъ очень не одинаково: парафиновое масло даетъ тусклое пламя съ большою копотью, а спиртъ чистое, мало свѣтящееся синее. Химическій анализъ показываетъ, что въ парафиновомъ маслѣ отношеніе углерода къ водороду по вѣсу равняется 4 къ 1, а въ спиртѣ 6 къ 1. Копоть, какъ извѣстно происходитъ отъ неполнаго сгоранія горящаго вещества, а причина неполноты сгоранія недостаточность прилива воздуха, то есть, собственно кислорода. Копоть состоитъ почти исключительно изъ углерода, почти чистаго, и смѣси разныхъ соединеній водорода съ углеродомъ, неодинаковыхъ съ тѣмъ ихъ соединеніемъ, которое находится въ топливѣ. Эти продукты горѣнія образуются оттого, что каменный уголь въ печахъ прежде чѣмъ сгоритъ, подвергается процессу дистилляціи, а въ печахъ нѣтъ приспособленій для конденсаціи продуктовъ дистилляціи.—Прежде, чѣмъ продолжать, намъ надо ознакомиться съ химическими качествами кислорода, водорода и проч., и съ законами, по которымъ соединяются между собою эти вещества.

Одинъ изъ важнѣйшихъ законовъ химіи тотъ, который извѣстенъ подъ именемъ закона пропорцій. Онъ общее выраженіе того факта, что когда два вещества (или нѣсколько веществъ) соединяются и образуютъ третье, они соединяются въ опредѣленныхъ количествахъ или въ количествахъ, происходящихъ черезъ умноженіе этихъ количествъ на цѣлыя числа; основныя количества совершенно неизмѣнны во всѣхъ случаяхъ. На этой неизмѣнности ихъ основана вся химія; безъ нея, химическій анализъ былъ бы невозможенъ. Каждое простое тѣло имѣетъ въ химическихъ соединеніяхъ свою особенную пропорцію, и у тѣхъ трехъ простыхъ тѣлъ, о которыхъ мы говорили теперь, эти пропорціи таковы:

ЭР01685

углеродъ 12
кислородъ 16
водородъ 1

Итакъ, 12 частей углерода соединяются съ 16 частями или съ помноженными на какое нибудь цѣлое число 16 частями кислорода и т. д. Если 12 частей углерода соединятся съ 16 частями кислорода, образующееся изъ этого сложное тѣло—безцвѣтный, ядовитый, способный къ горѣнію газъ, называемый окисью углерода; мы часто видимъ его горящимъ, это—синее или желтоватое пламя надъ чистымъ огнемъ каменнаго угля. Тѣло, состоящее изъ соединенія 12 частей углерода съ 32 частями кислорода (т. е. дважды 16)—газъ, называемый углекислотою; мы скоро вернемся къ нему. Намъ извѣстны только эти два соединенія углерода съ однимъ кислородомъ; и если бъ открыты были какія нибудь другія, онѣ оказались бы содержащими въ себѣ углеродъ въ пропорціи какого нибудь произведенія изъ 12 на какое нибудь простое число и кислородъ въ пропорціи 12 или произведенія изъ 16 на какое нибудь тоже простое число.

Примѣненіе закона пропорцій къ факту горѣнія состоитъ въ томъ, что *когда топливо сгораетъ вполнѣ*, то

12 частей углерода (по вѣсу) соединяются съ 32 частями кислорода, образуя 44 части углекислоты;

2 части водорода (по вѣсу) соединяются съ 16 частями кислорода, образуя 18 частей воды.

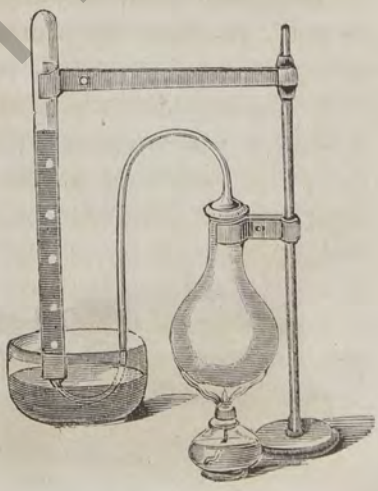
Кислородъ въ 16 разъ тяжелѣе водорода; потому, если считать составляющіе воду газы по объемамъ, будемъ имѣть такія цифры:

2 объема водорода, соединяясь съ 1 объемомъ кислорода, образуютъ 2 части пара.

Для житейской практики, изъ приведенныхъ нами цифръ получается такой разсчетъ: предполагая для простоты сообра-

ЭР01685

женій, что каменный уголь вообще почти чистый углеродъ, что и справедливо относительно нѣкоторыхъ сортовъ его, мы найдемъ, что 12 тоннъ каменнаго угля требуютъ для полнаго своего сгоранія 32 тонны кислорода; а кислородъ лишь одна пятая часть воздуха; слѣдовательно 12 тоннъ каменнаго угля требуютъ 160 тоннъ воздуха; или, при упрощеніи цифръ для практическаго удобства: *тонна каменнаго угля для полнаго своего сгоранія требуетъ, чтобы по ней было проведено 14 тоннъ (или почти 410.000 кубическихъ футовъ) воздуха.* Это очень важный для практики фактъ, и людямъ, завѣдующимъ печами, паровыми котлами и т. п. надобно очень ясно понимать и твердо помнить его. Чтобы провести черезъ горящій каменный уголь такую массу воздуха, нужно израсходовать много энергіи; въ этомъ одна изъ причинъ громадной, какъ мы ужъ видѣли, потери производимой горѣніемъ энергіи въ паровой машинѣ.



Фиг. 21.

Кислородъ легко получить въ чистомъ состояніи, нагрѣвая какое нибудь изъ заключающихъ его въ себѣ сложныхъ тѣлъ. Нагрѣваніе должно производить въ закрытомъ сосудѣ съ трубкою, конецъ которой погруженъ въ воду: газъ будетъ подыматься черезъ воду пузырьками (фигура 21) и собираться въ трубкѣ. Обыкновенно употребляются для добыванія кислорода хлористое кали и окись марганца. Изъ всѣхъ простыхъ тѣлъ, кислородъ самое

ЭР01685

изобильное въ природѣ. Онъ составляетъ восемь девятыхъ частей воды, почти четвертую долю воздуха и почти половину вѣса въ пескѣ, мѣлѣ или извести и глинѣ, минералахъ наиболѣе изобильныхъ на земной поверхности; составляетъ значительную часть почти всѣхъ другихъ тѣлъ. При обыкновенныхъ обстоятельствахъ, это прозрачный безцвѣтный газъ; но охлажденіемъ и давленіемъ успѣли привести его въ состояніе жидкости. Самъ онъ не горитъ, но другія тѣла горятъ въ немъ гораздо ярче, нежели въ воздухѣ, производя большое количество тепловой энергіи. Напримѣръ, стальная часовая пружина, одинъ изъ концовъ которой нагрѣтъ въ воздухѣ до бѣлаго каленія, если погрузить ее въ банку съ кислородомъ, начинаетъ горѣть, разбрасывая сверкающія искры.

Водородъ обыкновенно получаютъ изъ воды, разлагая ее, то есть, раздѣляя на составныя части энергіею электрическаго тока или какимъ нибудь металломъ, соединяющимся съ кислородомъ воды и освобождающимъ водородъ. Это легко производитъ цинкъ, положенный въ воду, къ которой прибавятъ нѣсколько кислоты. Теплота для этого не нужна. Какъ это дѣлается, показываетъ фиг. 22.



Фиг. 22.

Водородъ самое легкое вещество въ природѣ; онъ приблизительно въ четырнадцать разъ легче воздуха. Мыльные

ЭР01685

пузыри, надутые имъ, быстро подымаются въ воздухѣ. Онъ изъ всѣхъ извѣстныхъ веществъ, имѣетъ и самую большую теплоемкость или удѣльную теплоту. Въ обыкновенныхъ условіяхъ, онъ прозрачный безцвѣтный газъ. Но подобно кислороду, его привели холодомъ и давленіемъ въ состояніе жидкости, кажется даже и твердаго тѣла. Онъ несходенъ съ кислородомъ въ томъ, что другія тѣла не горятъ въ немъ, но самъ онъ горитъ. Въ воздухѣ онъ горитъ блѣднымъ синимъ пламенемъ, и соединяясь съ кислородомъ, производитъ воду *). Химическое притяженіе между водородомъ и кислородомъ сильнѣе чѣмъ между всѣми другими извѣстными намъ веществами, потому ихъ соединеніе производитъ самую сильную искусственную теплоту, какую только можно получить химическимъ способомъ. Смѣшать водородъ и кислородъ въ пропорціи объемовъ, надобной для образованія воды и привести въ соприкосновеніе съ ихъ смѣсью пламя или до-красна раскаленную проволоку,—они соединяются, дѣлая очень сильный взрывъ. Для соединенія ихъ безъ вреда отъ взрыва, употребляется трубка, сдѣланная въ видѣ Y; газы идутъ въ общій стволъ ея одинъ по одной вѣтви, другой по другой; въ каждой вѣтви есть кранъ, регулирующій количество пропускаемаго газа. Теплота этой воспламененной струи смѣшивающихся газовъ плавитъ нѣкоторыя изъ самыхъ трудноплавкихъ металловъ и нагрѣваетъ известь до сильной бѣлизны каленія, производящей очень яркое освѣщеніе. Для этого известковаго свѣта часто употребляютъ, вмѣсто чистаго водорода, каменноугольный газъ и яркость освѣщенія получается лишь немногимъ меньше нежели отъ чистаго водорода.

*) Образованіе воды при горѣніи топлива или газа легко увидѣть, подержавъ секунду холодный стаканъ или стеклянный колпакъ подъ пламенемъ; оно является также и въ томъ, что въ холодную ночь вода струится по внутренней сторонѣ оконъ въ лавкѣ, гдѣ горитъ много лампъ.

ЭР01685

Качества другаго элемента въ составѣ топлива, углерода, знакомы всѣмъ въ его обыкновенной формѣ угля. Въ этой формѣ онъ плотное, черное твердое тѣло, безо всякаго вкуса или запаха *). Продуктъ его соединенія съ кислородомъ — тяжелый ядовитый газъ, углекислота. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, сама природа производитъ углекислоту, какъ результатъ энергій, дѣйствующихъ въ глубинѣ земли, и газъ подымается тамъ на поверхность почвы. Легко изготовлять углекислоту въ газовой бутыли (фигура 22), дѣйствуя какою нибудь кислотою, сильнѣе углекислоты, напримѣръ гидратомъ хлорной (соляной) кислоты на мѣлъ или известнякъ, въ которыхъ почти половину вѣса составляетъ этотъ газъ. Когда обжигаютъ известнякъ, теплота изгоняетъ углекислоту и остается чистая известь. — Углекислота, подобно кислороду, прозрачный безцвѣтный газъ; онъ гораздо болѣе растворяется въ водѣ, чѣмъ кислородъ и водородъ. Самъ онъ не горитъ и не допускаетъ другія тѣла горѣть въ немъ. Для животной жизни онъ ядовитъ. Онъ составляетъ главную часть гибельнаго удушливаго газа, наполняющаго каменноугольные рудники послѣ взрыва. Его выдѣляютъ изъ себя дыханіемъ всѣ животныя, и онъ одинъ изъ результатовъ броженія и разложенія растительныхъ и животныхъ веществъ. Часть шестой главы будетъ посвящена разъясненію источника физической энергіи человѣческаго тѣла; происхожденіе этой энергіи тѣсно связано съ тѣмъ, что въ немъ изъ соединенія углерода нашей пищи съ кислородомъ воздуха образуется углекислота.

Въ природѣ часто образуется и часто встрѣчается намъ

---

*) Углеродъ встрѣчается въ природѣ и чистый, въ кристаллической формѣ. Эта форма его — алмазъ. Графитъ, ламповая сажа и проч. тоже формы углерода и подобно алмазу производятъ при сгораніи углекислоту.

ЭР01685

углекислота; потому полезно знать качества этого газа и простые способы узнавать его присутствіе, если онъ находится въ довольно большомъ количествѣ. Это газъ очень тяжелый; онъ въ полтора раза тяжелѣе воздуха, и смѣшивается съ нимъ не очень легко, какъ показываетъ ясно простой опытъ: выльемъ углекислоту изъ наполненнаго сосуда въ сосудъ, наполненный воздухомъ, опустимъ туда зажженную свѣчу и увидимъ, что углекислота вытѣснила воздухъ, хотя переходъ газа изъ одного сосуда въ другой и не замѣтенъ глазу: свѣча погаснетъ *). Надобно твердо помнить что воздухъ, въ которомъ такъ много углекислоты, что въ немъ не горитъ свѣча, неспособенъ поддерживать и человѣческую жизнь. Очень простое средство узнавать это представляетъ чистая известковая вода (вода, взболтанная съ известью и имѣвшая время отстояться): она становится молочнаго цвѣта, когда взболтать ее въ бутыли съ воздухомъ, въ которомъ есть углекислота. Образованіе углекислоты въ человѣческомъ тѣлѣ можно показать, подышавъ воздухомъ изъ легкихъ сквозь известковую воду: она получаетъ молочный цвѣтъ. Количество углекислоты въ выдыхаемомъ воздухѣ около 5 процентовъ (пяти частей изъ ста частей); а чистый воздухъ на открытой сельской мѣстности содержитъ только три части углекислоты на 10,000 частей, да и въ городахъ рѣдко больше четырехъ или пяти на 10,000; а воздухъ, содержащій только шесть частей углекислоты на 10.000, ужъ производитъ въ насъ ощущеніе непріятной духоты; изъ этого очевидна необходимость вентиляціи замкнутыхъ пространствъ. Внимательные опыты и разсчеты пока-

*) Практическое послѣдствіе того, что углекислота не быстро смѣшивается съ воздухомъ — сильная тенденція углекислоты оставаться на днѣ старыхъ колодязей, рудниковъ, пивоварныхъ чановъ и т. п.

ЭР01685

зали, что въ обыкновенныхъ жилыхъ комнатахъ средней величины, для удержанія примѣси углекислоты къ воздуху въ пропорціи меньше 6 частей на 10.000 надобно, чтобы на каждаго человѣка, на каждую лампу, каждый газовый рожокъ и каждую пару свѣчъ въ комнатѣ проходило черезъ комнату 9.000 кубическихъ футовъ воздуха въ часъ.

Теперь поздно будетъ разсмотрѣть нѣсколько подробнѣе условіяхъ, при которыхъ мы сожигаемъ топливо для произведенія теплоты, иначе говоря, разсмотрѣть, составъ пламени. Можно сказать вообще, что при обыкновенныхъ условіяхъ пламя только тогда свѣтитъ ярко, когда въ немъ есть твердыя частицы. Пламя горящаго водорода или смѣси каменно-угольнаго газа съ воздухомъ въ газовомъ рожкѣ или бунзеновой лампѣ (фигура 23) почти не даетъ свѣта; но если бросить въ него желѣзныхъ опилокъ, или всунуть проволоку, эти твердыя тѣла сильно накалятся и будутъ свѣтиться. Твердыя тѣла можно дѣлать раскаленными и свѣтящимися также посредствомъ энергіи электрическаго тока, какъ увидимъ, когда будемъ говорить о раскаленномъ свѣтѣ электрическихъ лампъ (главы IV и V).



Фиг. 23.

Мы видѣли, что всѣ сорты нашего топлива состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода и водорода, и что энергія химическаго притяженія между водородомъ и кислородомъ гораздо сильнѣе, чѣмъ между углеродомъ и кислородомъ. Потому, когда условія горѣнія таковы, что недостаетъ кислорода для полнаго сгоранія и водорода и углерода, водородъ сгораетъ первый, а остается несгорѣвшею часть чистаго углерода или, чаще, остаются не вполнѣ сгорѣвшими какія нибудь тѣла, въ составѣ которыхъ пропорція углерода больше той, какая была въ топливѣ; эти остатки подымаются въ пламени, раскаляются

ЭР01685

теплотою, происходящею отъ столкновеній атомовъ водорода съ атомами кислорода, и свѣтятся. Внимательное изученіе пламени свѣчи (фигура 24) показываетъ, что оно состоитъ главнымъ образомъ изъ трехъ частей: 1) очень слабо, свѣтящаяся наружная оболочка, въ которой и углеродъ и водородъ сгораютъ вполнѣ; 2) яркая часть пламени, содержащая въ себѣ раскаленныя несгорѣвшія частички тѣлъ, состоящихъ изъ водорода и углерода и 3) самая внутренняя, несвѣтящаяся часть, состоящая главнымъ образомъ изъ матеріала свѣта, перешедшаго въ газообразныя состоянія. Если быстро опустить на пламя холодную металлическую пластинку или хоть кусокъ толстой бѣлой бумаги, на этой поверхности отложится кольцо чернаго углерода (или углеводорода) несгорѣвшихъ частичекъ, носящихся въ пламени; а если всунуть во внутреннюю, несвѣтящуюся часть пламени трубочку, и неподвижно держать тамъ ея конецъ (фигура 24), изъ другаго конца будутъ идти горючіе пары, и можно зажечь ихъ тутъ. Когда задуваемъ свѣчу, эти пары идутъ со свѣтильни, и можно, при нѣкоторой ловкости, снова зажечь свѣчу, придвинувъ зажженную спичку на нѣсколько дюймовъ отъ свѣтильни къ этимъ парамъ.



Фиг. 24.

И такъ, мы видимъ, что искусственный свѣтъ отъ сожиганія горючаго мстеріала производится регулированіемъ доступа кислорода, то есть воздуха, къ пламени; количество кислорода необходимое для этого неодинаково при разныхъ горючихъ матеріалахъ; оно должно быть такое, чтобы не давало улетать въ воздухъ не сгорѣвшимъ частичкамъ мате-

ЭР01685

ріала, то есть, не давало бы улетать изъ пламени дыму, но оставляло бы несгоравшими при прохожденіи черезъ пламя столько частичекъ этого матеріала, сколько надобно ихъ, чтобъ былъ яркій свѣтъ отъ ихъ раскаленнаго состоянія. Разныя системы устройства печей и каминовъ, стекла на лампахъ и проч. имѣютъ это назначеніе. Но любопытно то, что если газообразный матеріалъ горѣнія нагрѣтъ передъ горѣніемъ, онъ производитъ гораздо больше свѣта. Этимъ фактомъ въ послѣднее время воспользовались Сэръ Уильямъ Сименсъ для устройства большихъ газовыхъ лампъ чрезвычайной силы свѣта, соперничествующей съ электрическимъ освѣщеніемъ.

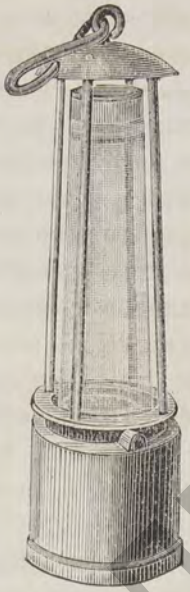
Мы видѣли, что если смѣшать водородъ и кислородъ и нагрѣть смѣсь до извѣстной температуры, она вспыхиваетъ съ сильнымъ взрывомъ; тоже самое, только съ меньшимъ развитіемъ энергіи, происходитъ, когда смѣшивается съ воздухомъ и нагрѣвается до извѣстной степени каменноугольный газъ или какой нибудь другой горючій паръ. Это причина печальныхъ случаевъ взрыва въ нашихъ каменноугольныхъ копяхъ. Такъ называемый рудничный газъ, смѣсь разныхъ газовъ, главнымъ образомъ углеводородовъ, находится внутри каменнаго угля въ сдавленномъ состояніи; онъ освобождается, или механическимъ процессомъ выламыванія угля изъ пласта, или уменьшеніемъ давленія воздуха отъ перемѣнъ въ атмосферѣ, показываемыхъ барометромъ, за внезапнымъ паденіемъ котораго въ извѣстные періоды года часто слѣдуетъ черезъ нѣсколько часовъ взрывъ въ какой нибудь каменноугольной копи. Освобожденный рудничный газъ смѣшивается съ воздухомъ, когда приходитъ въ соприкосновеніе съ незащищеннымъ сѣткою лампы пламенемъ или раскаленнымъ желѣзомъ, сгораетъ чрезвычайно быстро, то есть, со взрывомъ (прикосновеніе къ раскаленному желѣзу достаточно

ЭР01685

для этого потому, что для зажженія тѣла необходимо лишь нагрѣваніе, а не собственно пламя). Опыты, сдѣланные въ послѣднее время, положительно доказали, что мелкая каменноугольная пыль находящаяся въ воздухѣ рудника помогаетъ распространенію этого быстраго горѣнія, или сама собою, или при содѣйствіи газа; и что вообще всякая мелкая пыль горючаго матеріала разноситъ на большое пространство пламя взрыва. Найдено, что многіе пожары на мукомольныхъ мельницахъ происходятъ отъ этого. Быстрота, съ какою распространяется пламя, много зависитъ отъ величины поверхности на которой происходитъ соприкосновеніе горючаго вещества съ кислородомъ, и отъ степени способности этого вещества быть проводникомъ теплоты. Напримѣръ, свинцовая фольга не горитъ въ воздухѣ; но химическомъ путемъ можно получить свинецъ въ такомъ размельченномъ видѣ, что при доступѣ воздуха порошокъ загорается самъ собою. Этотъ порошокъ, называемый свинцовымъ пирофоромъ, получаютъ, нагрѣвая винокаменный свинецъ въ стеклянной трубкѣ, пока перестанетъ выходить изъ него паръ и запечатываютъ трубку. Самовоспламенимость свинцоваго пирофора, происходящая отъ увеличенія соприкасающейся съ воздухомъ поверхности, служитъ объясненіемъ способности другихъ тѣлъ къ самовозгоранію и большей части случаевъ его. Напримѣръ, замасленныя тряпки, засаленные опилки представляютъ дѣйствію воздуха большія поверхности масла; эти поверхности поглощаютъ кислородъ воздуха, возбуждается энергія химическаго притяженія и скоро вся масса вспыхиваетъ. Тотъ же самый процессъ происходитъ въ грудахъ сѣна, и одно изъ преимуществъ новаго способа сохранять кошенную траву, такъ называемаго энсилама, и закапыванія, состоитъ въ томъ, что преграждается доступъ кислорода къ сѣну и черезъ это устраняется всякая опасность самовозгаранія сѣна.

ЭР01685

Мы упоминали о томъ, что теплопроводимость металловъ имѣетъ значительное вліяніе на распространеніе пламени. На этомъ принципѣ основано устройство предохранительныхъ лампъ, употребляемыхъ въ каменно-угольныхъ копяхъ (фиг. 25). Эти лампы состоятъ изъ обыкновенной масляной лампы, пламя которой совершенно окружено тонкою проволочною тканью, такъ что воздухъ имѣетъ доступъ къ горящему маслу лишь черезъ скважины этой сѣтки. Когда горящая лампа внесена во взрывчатую смѣсь рудничнаго газа и воздуха, смѣсь внутри цилиндра ткани вспыхиваетъ и продолжаетъ горѣть, но металлическая ткань такъ быстро уноситъ теплоту, производимую этимъ пламенемъ, что газъ снаружи цилиндра не загорается, не нагрѣваясь до необходимой для своего воспламененія температуры.



Фиг. 25.

Изъ того, что мы говорили о теоріи горѣнія, ясно, что когда мы хотимъ получить отъ топлива возможно большее количество тепловой энергіи, топливо должно сгорать *вполнѣ*, такъ чтобы развивалась энергія не только отъ сгоранія водорода, но и отъ сгоранія углерода. Въ большомъ размѣрѣ, гораздо легче достигнуть, когда топливо газообразно, нежели когда оно твердое тѣло или жидкость, потому что притокъ воздуха можно съ точностью регулировать кранами; поэтому многія печи для металлургическихъ и другихъ фабричныхъ операцій обширнаго размѣра строятся нынѣ раздѣленными на двѣ части или нѣсколько частей, одна изъ которыхъ предназначена для дистилляціи каменнаго угля или другаго топ-

ДВНБ

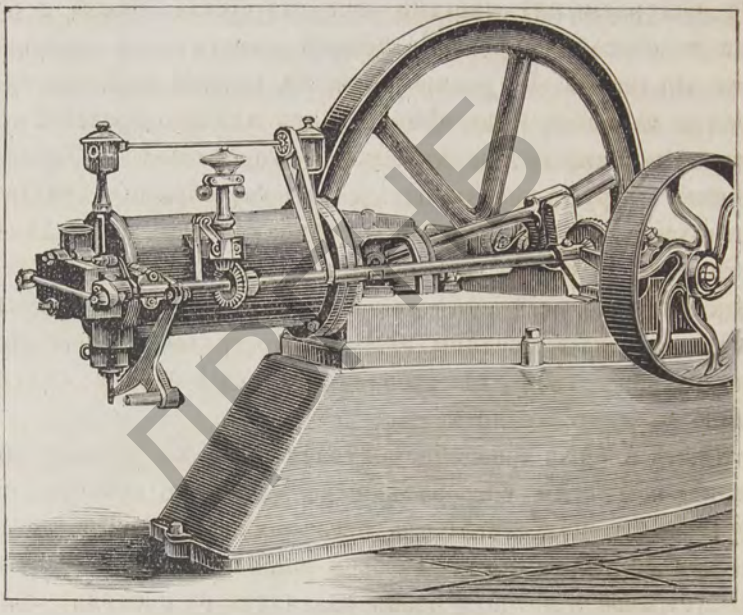
ЭР01685

лива, то есть для обращенія его передъ сожиганіемъ въ газообразное состояніе. Черезъ это получаютъ большую экономію и много другихъ выгодъ. Общество начинаетъ теперь понимать чистоту и удобство отопленія жилищъ каменноугольнымъ газомъ, который сгораетъ вполнѣ, потому не производитъ дыма и которымъ устраняется пыль каменнаго угля, засореніе жилищъ пепломъ отъ него и несгорѣвшими (или несгораемыми) частями этого матеріала. Важна и разница въ способѣ снабженія домовъ твердымъ и газообразнымъ топливомъ. Въ распространеніи употребленія газовыхъ печей и каминовъ несомнѣнно будетъ найдено средство противъ задымленности нашихъ б льшихъ городовъ. Сэръ Уильямъ Сименсъ и другіе предлагаютъ дѣлить газообразные продукты дистилляціи на двѣ половины, собирая первыя и послѣднія части ихъ въ одинъ газометръ, а среднія въ другой, чтобъ доставлять для освѣщенія газъ, горящій болѣе яркимъ пламенемъ (это газъ средины процесса дистилляціи), а по другимъ трубамъ газъ для отопленія дающій менѣе свѣтлое пламя, но много теплоты.

Кромѣ энергіи движенія, получаемой отъ химическаго притяженія *косвеннымъ* способомъ, черезъ теплоту, механическая энергія часто получается отъ него *прямо*, въ формѣ взрыва. Простой примѣръ этого — газовая машина (фигура 26), способы устраивать которую очень развились въ послѣдніе годы, и съ которою начинается совершенно новый періодъ въ искусствѣ полученія механической энергіи. Въ этой машинѣ пистонъ движется взадъ и впередъ въ цилиндрѣ дѣйствіемъ взрывовъ смѣси каменноугольнаго газа съ воздухомъ, происходящихъ или въ самомъ цилиндрѣ или въ прилегающей камерѣ. Въ машинѣ прежнихъ системъ взрывы происходили съ перерывами, дѣйствуя внезапными толчками; но въ послѣднее время, при помощи автоматическихъ клапановъ, ре-

ЭР01685

гулирующихъ притокъ воздуха и газа, ходъ взрывовъ сдѣланъ болѣе постепеннымъ, такъ что они производятъ довольно ровный ходъ движенія. Процессъ измѣненій, происходящихъ въ этой машинѣ, многосложенъ, и нѣтъ сомнѣнія, что теплота, производимая химическимъ соединеніемъ, значительно увеличиваетъ механическое дѣйствіе расширеніемъ газовъ.



Фиг. 26.

Прямо связана съ газовою машиною передача энергіи изъ одного мѣста въ другое посредствомъ передвиженія газовъ. Употребленіе газовой машины, кажется самый большой примѣръ передачи силы, и по сдѣланнымъ въ послѣднее время вычисленіямъ, сила можетъ быть передаваема посредствомъ газа въ двадцать пять дешевле передачи ея посредствомъ сжатаго воздуха.

ЭР01685

Почти во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда мы пользуемся энергіею взрывовъ для механическихъ цѣлей, добываніе ея ведется такимъ способомъ, что смѣшиваются какія нибудь твердыя или капельножидкія тѣла, подъ вліяніемъ теплоты и возбуждаемаго ею химическаго притяженія. Это вещество внезапно переходитъ въ другія состоянія, и въ числѣ ихъ новыхъ соединеній непремѣнно есть такія, которыя при температурѣ своего возникновенія находятся въ газообразномъ состояніи; это внезапное образованіе газовъ, сила расширенія которыхъ громадна, происходя въ тѣсномъ замкнутомъ пространствѣ, составляетъ причину разрушительнаго дѣйствія взрывчатыхъ веществъ. Напримѣръ, взрывчатая вата по виду ничѣмъ не отличается отъ обыковеннаго хлопка; но дѣйствіе довольно невысокой степени теплоты, нагрѣвающей ее прямымъ способомъ или посредствомъ удара, возбуждаетъ составляющіе ее атомы мгновенно измѣнить свою группировку и образовать новыя соединенія, которыя тутъ всѣ газообразны. Это происходитъ оттого, что для изготовленія взрывчатой ваты обыкновенный хлопокъ (содержащій въ себѣ углеродъ, водородъ и кислородъ) погружается въ азотную кислоту, теряетъ въ ней часть своего водорода и принимаетъ изъ нея въ свой составъ нѣсколько азота и много кислорода; этотъ кислородъ при взрывѣ помогаетъ сгоранію углерода и водорода. Такому же измѣненію мы подвергаемъ глицеринъ при изслѣдованіи нитроглицерина, изъ котораго дѣлаютъ динамитъ, литофракторъ и проч., смѣшивая взрывчатую жидкость съ какимъ нибудь всасывающимъ ее въ себя порошкомъ. Сэръ Фредерикъ Эбель (Abel), въ своей президентской рѣчи, читанной въ Обществѣ Химической Промышленности (Society of Chemical industry) говоритъ, что производство динамита достигло нынѣ (1883) изумительнаго количества 9.000 тоннъ въ годъ. Взрывчатый студень, ударъ взрывчатыхъ ве-

ЭР01685

ществъ, какъ называетъ его сэръ Фредерикъ Эбель, это — растворъ пушечнаго пороха или нитроцеллюлозы въ нитроглицеринѣ. При сгораніи пороха, содержащіеся въ немъ древесный уголь и сѣра берутъ для своего горѣнія кислородъ селитры, въ которой этотъ газъ составляетъ почти половину вѣса; производимые при взрывѣ пороха газы, измѣряемые при температурѣ 0°С и при 760 миллиметрахъ (то есть, приблизительно при 30 дюймахъ) давленія, имѣютъ объемъ въ 270 разъ больше объема, какой имѣлъ порохъ; но химическое дѣйствіе порождаетъ столько теплоты, что если взрывъ происходитъ въ пространствѣ, не превышающемъ объема пороха, то взрывомъ производится давленіе въ 42 *) тонны на каждый квадратный дюймъ стѣнокъ этого пространства. Энергія, даваемая пулѣ или ядру выстрѣломъ, опредѣляется скоростью, съ какою развиваются изъ пороха газы. Для артиллерійскихъ надобностей, медленное сгораніе пороха гораздо лучше быстраго: если энергія развивается слишкомъ быстро, она потратится на стѣнки пороховой камеры, вмѣсто того чтобъ обратиться на выбрасываніе снаряда, и пушка разорвется. Чѣмъ крупнѣе «зерно» пороха, тѣмъ медленнѣе горитъ оно, при равенствѣ другихъ условій; для очень тяжелыхъ пушекъ зерна пороха дѣлаются такія крупныя, что называются «призмами», «шашками» (по англійски «камушками», pebbles) .При опытахъ, производившихся въ 1881 году надъ 100—тонновою пушкою, стрѣлявшею зарядомъ въ 2.000 фунтовъ, зарядъ былъ въ 448 фунта призматическаго пороха, призмы котораго имѣли почти цѣлый дюймъ въ діаметрѣ. Энергія удара ядра при вылетѣ изъ дула была 33,500 футо-тонъ **).

*) около 2.600 пудовъ.

**) По русскому счету: вѣсъ пушки былъ 62.500 пудовъ, вѣсъ ядра около 55 пудовъ, вѣсъ заряда около 12,5 пудовъ, энергія удара ядра болѣе 2.000.000 пудофутовъ.

ЭР01685

Мы говорили до сихъ поръ главнымъ образомъ о томъ, что теплота развивается отъ столкновенія атомовъ при образованіи химическаго соединенія и лишь мимоходомъ упоминали о случаяхъ, когда теплотою было производимо разложеніе тѣлъ, какъ напримѣръ, при обжиганіи извести, при которомъ 50 частей известняка теряютъ 22 части своего вѣса, состоящія изъ углекислоты, и остаются лишь 28 частей извести. Многія сложныя тѣла разлагаются сильною теплотою на свои составныя части. Такъ напримѣръ, если нагрѣвать паръ воды, то есть воду въ газообразномъ состояніи, до требуемой для того температуры, вода разложится на водородъ и кислородъ. Углекислота разлагается теплотою на окись углерода и кислородъ, и т. п. Замѣчателенъ фактъ, что та форма лучистой энергіи, которая возбуждаетъ въ нашемъ глазѣ ощущеніе свѣта, производитъ и оба эти разряда химическихъ измѣненій. Если смѣсь водорода съ хлоромъ (лучшій способъ полученія котораго — разложеніе гидрата хлорной кислоты электрическою энергіею, глава IV) будетъ въ стеклянномъ сосудѣ выставлена на свѣтъ, водородъ и хлоръ соединяется, производя сильный взрывъ. Общеизвѣстный примѣръ разложенія сложныхъ тѣлъ дѣйствіемъ свѣта представляетъ фотографія; въ этомъ прекрасномъ искусствѣ, безцвѣтныя вещества, содержащія въ себѣ серебро, подвергаются отъ дѣйствія свѣта такому измѣненію, что изображеніе, производимое оптическимъ стекломъ, оставляетъ отпечатокъ, состоящій изъ серебра, освобожденнаго свѣтомъ изъ химическаго соединенія, въ которомъ находилось оно. Другой примѣръ, о которомъ будемъ довольно подробно говорить въ главѣ VI, — разложеніе углекислоты растеніями подъ вліяніемъ свѣта; кислородъ при этомъ освобождается, а углеродъ входитъ въ составъ растенія, и образуетъ запасъ потенціальной энергіи.

ЭР01685

ГЛАВА IV.

Электричество.

БИБЛІОТЕКА
Е.К.ДЕРЯГИНО
ВЗВШ. БИБЛЕЙ

Первое наблюденіе этой формы энергіи было сдѣлано Талесомъ Милетскимъ около 2400 лѣтъ тому назадъ. Онъ замѣтилъ, что янтарь, если потереть его, становится на нѣсколько времени одаренъ непринадлежавшимъ ему прежде качествомъ притягивать къ себѣ легкіе частички, какія находятся подлѣ (фиг. 27). Терминъ «Электричество» произ-



Фиг. 27.

веденъ отъ греческаго названія янтаря, êlectron «электръ». Второй шагъ въ изученіи электричества былъ сдѣланъ Джильбертомъ, въ царствованіе Елисаветы. Повторяя опытъ Талеса,

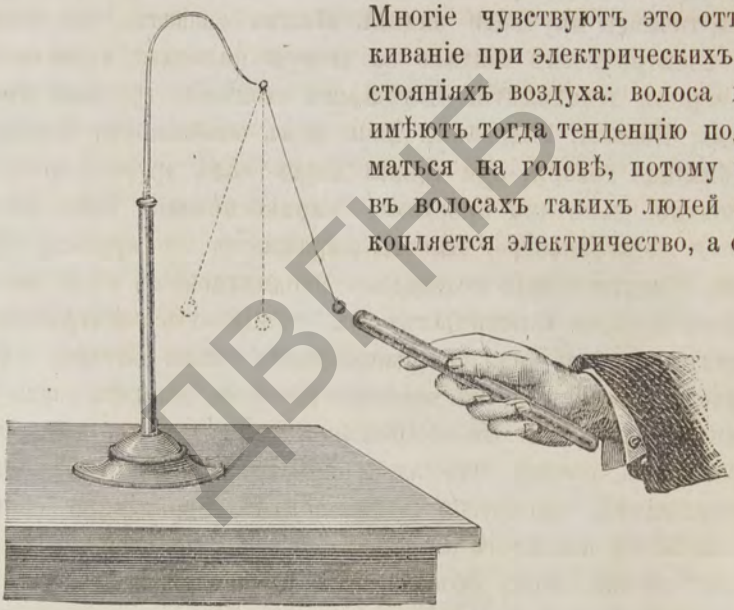
ЭР01685

Джильбертъ попробовалъ натирать другія тѣла: алмазъ, горный хрусталь, стекло, сѣру, смолу и проч., нашелъ, что та же самая энергія притяженія возбуждается и въ нихъ тѣмъ же способомъ, какъ въ янтарѣ, и назвалъ такія тѣла электриками. Герике, Ньютонъ, Франклинъ дѣлали дальнѣйшіе опыты. Но прошло много времени, прежде чѣмъ безсвязныя наблюденія были приведены въ систему и получили характеръ точнаго научнаго знанія. Можно сказать, что ученіе объ электричествѣ создано во вторую половину прошлаго и въ первыя десятилѣтія нынѣшняго столѣтія, трудами Франклина, Вольты, Гальвани, Дэви, и въ особенности Фэрэде.

Вообще говоря, при треніи двухъ тѣлъ другъ о друга (и, вѣроятно, даже при простомъ соприкосновеніи ихъ) развивается электричество. Иногда выражаютъ это другимъ образомъ: «электрическіе потенціалы неодинаковыхъ тѣлъ неодинаковы»; слово «потенціалъ» въ ученіи объ электричествѣ значитъ: степень наэлектризованности тѣла. Итакъ, электричество возбуждается всякимъ треніемъ всякихъ двухъ неодинаковыхъ тѣлъ. Но въ большинствѣ случаевъ, результатъ незамѣтенъ, потому что электричество мгновенно уходитъ проведеніемъ, процессомъ, подобнымъ проведенію тепла. Дальнѣйшія изслѣдованія показали, что электрическія явленія лучше всего объясняются предположеніемъ, что существуютъ два вида электричества, имѣющіе противуположныя качества; эти виды названы положительнымъ или стекляннымъ и отрицательнымъ или смолянымъ. Возбужденіе электричества треніемъ происходитъ, кажется, оттого, что эти два вида его разъединяются, одно накопляется на одномъ, другое на другомъ изъ трущихся тѣлъ. Повѣсимъ смоляной шарикъ на шелковой ниткѣ (шелкъ не проводитъ электричества, потому не даетъ электрическому вліянію уходить изъ шарика), и прикоснемся къ этому шарику стеклянною палочкою,

ЭР01685

потертою о шелкъ: шарикъ будетъ отталкиваться отъ палочки (фигура 28). А если потремъ о фланель кусокъ смолы или сургуча и поднесемъ къ шарику, онъ будетъ притягиваться этимъ кусочкомъ. Итакъ, мы видимъ, что тѣла, въ которыхъ находится электричество одного и того же рода, отталкиваютъ другъ друга, а если въ нихъ электричество неодинаковое, они притягиваютъ другъ друга. Многіе чувствуютъ это отталкиваніе при электрическихъ состояніяхъ воздуха: волоса ихъ имѣютъ тогда тенденцію подыматься на головѣ, потому что въ волосахъ такихъ людей накопляется электричество, а оно



Фиг. 28.

во всѣхъ волосахъ одинаковое, слѣдовательно волоса отталкиваются другъ отъ друга. Есть много механическихъ операцій, въ которыхъ явленія электрическаго притяженія и отталкиванія играютъ значительную роль; особенно много этого въ ткацкой промышленности. Если тѣло, въ которомъ возбуждено электричество, приблизимъ къ такому, въ кото-

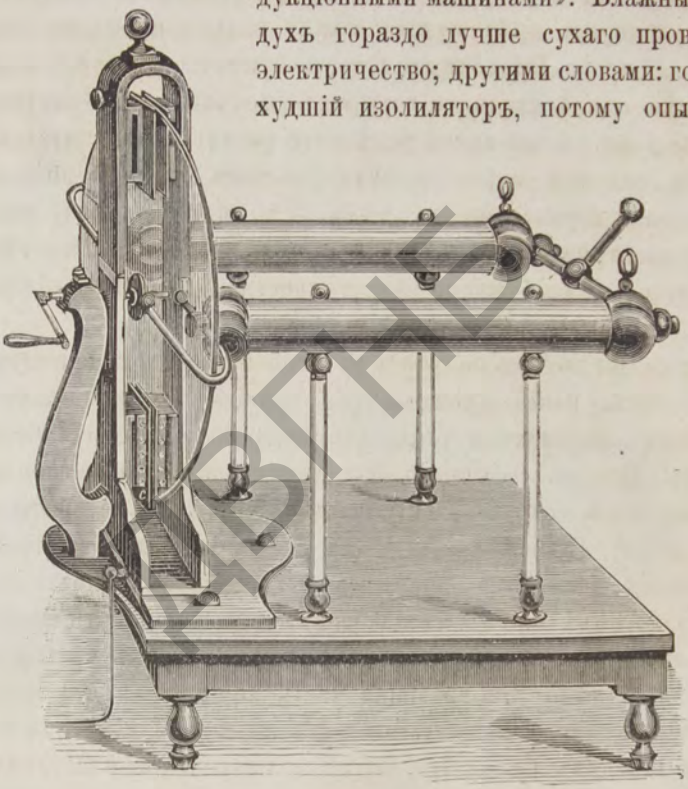
ЭР01685

ромъ оно не возбуждено и которое не проводникъ, первое изъ нихъ привлечетъ къ себѣ находящееся во второмъ электричество противоположнаго рода и такъ какъ противоположныя электричества имѣютъ тенденцію устремляться другъ къ другу; они и устремятся, если разстояніе не слишкомъ велико, и черезъ промежутокъ между тѣлами пройдетъ электрическая искра. Продолжительность существованія этой искры не болѣе одной двадцати-четырехъ-тысячной доли секунды, и однако же въ это время успѣваетъ развиться значительная теплота, сильный свѣтъ и шумъ; — такъ сильна энергичность наэлектризованныхъ тѣлъ. Это видимое глазу проявленіе электричества въ тѣлахъ, приближаемыхъ къ тѣлу, въ которомъ возбуждено электричество противоположнаго рода, называется индукціею.

Когда мы хотимъ получить электричество въ количествахъ болѣе тѣхъ, какія производятся треніемъ стеклянныхъ и смоляныхъ палочекъ и т. п., мы употребляемъ электрическія машины. Всѣ онѣ состоятъ изъ двухъ частей: одна предназначена производить электричество, другая — собирать его (фигура 29). Производящая часть состоитъ обыкновенно изъ стеклянной пластинки или нѣсколькихъ такихъ пластинокъ; этой пластинкѣ или этимъ пластинкамъ можно давать быстрое круговращеніе; при круговращеніи о нее или о нихъ трется какое нибудь тѣло. Собирающая часть машины имѣетъ металлическія шпильки съ острыми концами и кондукторы; острые концы шпилекъ находятся подлѣ вращающейся пластинки и шпильки вставлены въ какое нибудь тѣло, не проводящее электричества, напримѣръ, въ стеклянную полосу. Описаніе подробностей устройства и способа дѣйствія электрическихъ машинъ заняло бы больше мѣста, нежели можемъ мы удѣлить на это; и можетъ быть прочтено въ любомъ элементарномъ трактатѣ объ электричествѣ. Электрическія машины

ЭР01685

можно вообще назвать аппаратами для развитія особенной формы электрической энергіи расходованіемъ на это механической энергіи. Въ новѣйшихъ типахъ ихъ, дѣйствіе очень много обусловливается вліяніемъ индукціи, и онѣ называются «индукціонными машинами». Влажный воздухъ гораздо лучше сухаго проводитъ электричество; другими словами: гораздо худшій изолиляторъ, потому опыты съ

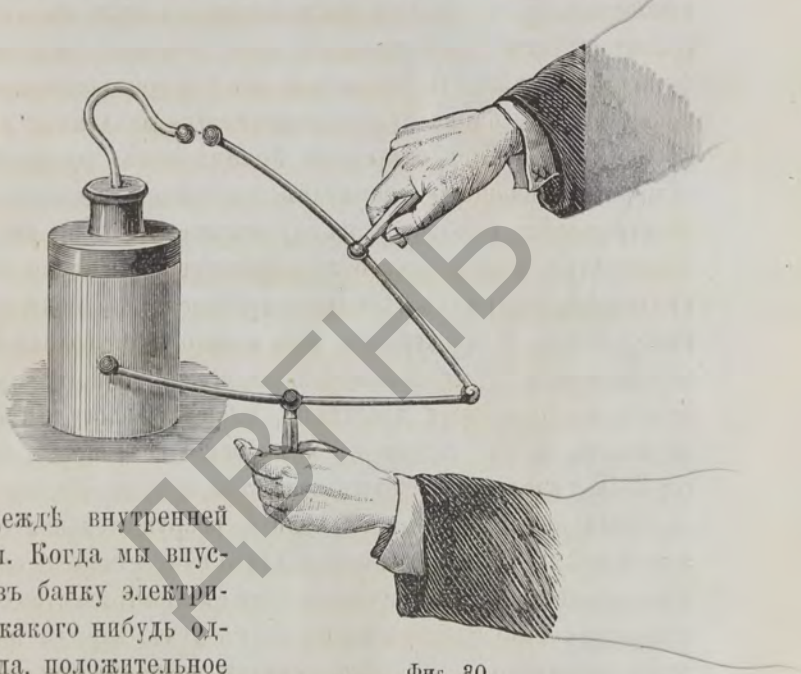


Фиг. 29.

электрическими машинами идутъ всего успѣшнѣе въ теплой сухой комнатѣ. Электричество, развиваемое ими, можетъ быть накопляемо въ Лейденской банкѣ (фиг. 30); это стеклянный сосудъ съ широкимъ отверстіемъ, одѣтый и снаружи и внутри до трехъ

ЭР01685

четвертей своей высоты отъ дна тонкими оловянными листами и снабженный деревянною крышкою, черезъ которую проходитъ металлическій прутъ съ шарикомъ на наружномъ концѣ, на нижнемъ концѣ имѣющій цѣпочку, лежащую на оловян-



Фиг. 30.

ной одеждѣ внутренней стороны. Когда мы впускаемъ въ банку электричество какого нибудь одного рода, положительное или отрицательное, соединяя прутъ съ электрическою машиною, оно распространяется по внутренней поверхности и все электричество противоположнаго рода вытѣсняется имъ на наружную поверхность, откуда уходитъ въ землю, съ которою наружная сторона соединена проводникомъ. Банка можетъ сохранять это состояніе нѣсколько часовъ или даже дней. Но если мы дадимъ противоположнымъ электричествамъ путь для возсоединенія, они устремятся другъ къ другу, и банка «разрядится» отъ своего элек-

ЭР01685

трическаго «заряда». Если путь возсоединенія проходитъ черезъ человѣческое тѣло, человѣкъ почувствуетъ ударъ; если путь проходитъ по металлическому пруту и на нѣкоторое разстояніе черезъ воздухъ (фиг. 30), зарядъ вылетитъ изъ банки мгновенно, и это будетъ сопровождаться звукомъ, свѣтомъ и теплотою (отъ преобразованія электрической энергіи въ эти формы). Если зарядъ уходитъ по тонкой проволокѣ или по мокрому шнуру, банка будетъ разряжаться медленнѣе и спокойнѣе. Важенъ фактъ, открытый Франклиномъ, который первый устроилъ лейденскую банку съ подвижною одеждою: зарядъ электричества находится на самомъ стеклѣ, а не въ одеждѣ. Количество накопляемаго электричества можно очень много увеличить, соединивъ нѣсколько лейденскихъ банокъ съ «батарею»; тогда разряженіемъ ихъ можно производить сильныя механическія и тепловыя дѣйствія, напримѣръ: пробивать карты и стеклянныя пластинки, плавить фольгу и проволоки, обращать смѣси газовъ въ химическія соединенія, зажигать горючія тѣла и взрывчатыя вещества, и т. д. Но наибольшее дѣйствіе этого рода даетъ молнія, разрушительная сила которой всѣмъ извѣстна и справедливо считается опасною. Молнія—соединеніе электричества тучи съ электричествомъ земли, или соединеніе электричества двухъ тучъ, заряды изъ которыхъ вырываются въ тѣхъ точкахъ поверхностей, въ которыхъ встрѣчаютъ наименьшее сопротивленіе; путь, пролетаемый электрическою искрою молніи, бываетъ иногда въ цѣлую милю длиною; продолжительность дѣйствительнаго существованія молніи не превышаетъ одной стотысячной части секунды, хотя впечатлѣніе, оставляемое ея свѣтомъ на сѣтчатой оболочкѣ глаза длится гораздо долѣе. Электрическая энергія молніи переходитъ иногда въ механическую, производя, напримѣръ, разрушеніе зданій, иногда въ тепловую, напримѣръ, расплавляя проволоки и металлическія прутья,

ЭР01685

встрѣчаемые на пути. Франклинъ, первый доказавшій тожество атмосфернаго электричества съ электричествомъ производимымъ машинами, предложилъ (въ 1749 году) употреблять для охраненія нашего имущества отъ уничтоженія молніею металлическіе прутья, открывающіе электричеству тучь путь спокойнаго истеченія. При установкѣ этихъ прутьевъ надобно дѣлать заостренные концы ихъ изъ какого нибудь не тускнѣющаго на воздухѣ металла; эти концы должны возвышаться надъ самою верхнею частью зданія; металлы, входящіе въ составъ кровли, должны быть соединены проволоками съ этими прутьями и, главное, нижніе концы прутьевъ должны входить въ сырые пласты почвы: небрежность относительно этого послѣдняго условія предосторожности, часто встрѣчающаяся, дѣлаетъ наилучшую систему проводниковъ молніи *практически безполезною*, между тѣмъ какъ владѣлецъ дома будетъ спать въ воображаемой безопасности. Вообще говоря, надобно держаться на практикѣ того разсчета, что кондукторъ охраняетъ около своего основанія круговую площадь, радіусъ которой равенъ его высотѣ, такъ что прутъ въ 50 футовъ вышиною будетъ охранять кругъ поперечникъ котораго 100 футовъ.

Электрическую энергію можно возбуждать и многими другими способами, кромѣ тренія. Сильный ударъ, и даже непрерывное давленіе производятъ противоположные электрическіе токи на противолежащихъ поверхностяхъ. Разрывая бумагу или полотно, раздавливая сахаръ, разбирая по слоямъ листъ слюды, мы производимъ электричество. Многія тѣла при переходѣ изъ капельножидкаго состоянія въ твердое становятся электрическими; горѣніе и испареніе сопровождаются развитіемъ электричества; испареніе воды съ поверхности океановъ одинъ изъ источниковъ атмосфернаго электричества. Нѣкоторые кристаллы (напримѣръ, турма-

ЭР01685

линъ) нагрѣваясь развиваютъ накопленія электричества на противоположныхъ полюсахъ. Многія животныя (въ особенности электрическій угорь) и нѣкоторыя растенія даютъ электрическіе удары. Вольта открылъ, что даже простое соприкосновеніе нѣкоторыхъ металловъ производитъ въ нихъ развитіе электричества, одного въ одномъ, противоположнаго въ другомъ. Потому справедливо говоритъ Флемингъ Дженкинъ [1]): «Если бы у насъ была способность видѣть электричество, намъ часто представлялась бы картина, столь же разнообразная и великолѣпная, какъ закатъ солнца... Каждое движеніе нашего тѣла, каждое прикосновеніе нашей руки къ чему нибудь, даже треніе нашей одежды дѣйствовало бы на наше зрѣніе игрою эффектовъ, подобныхъ игрѣ свѣта и тѣни... Безъ глазъ мы никогда не открыли бы, что существуетъ свѣтъ солнца. Прямыя ощущенія глазъ дали намъ знаніе о громадной важности свѣта, и вѣроятно лишь по недостатку у насъ органа для прямаго ощущенія электричества мы еще не знаемъ, какъ велико его участіе въ экономіи природы».

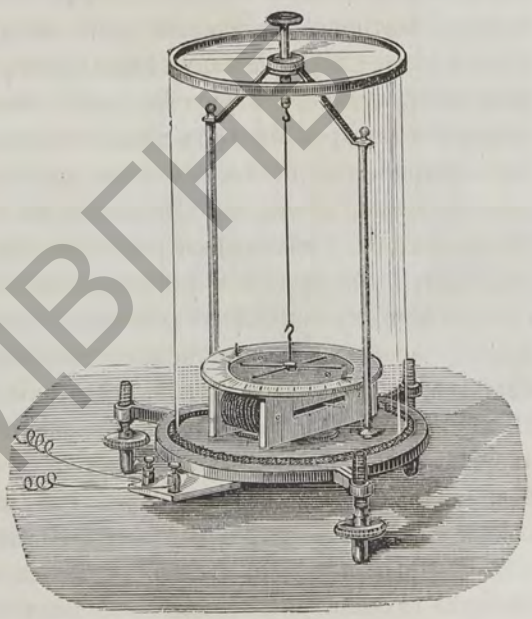
Мы разсматривали главнымъ образомъ возбужденіе противоположныхъ состояній электричества въ тѣлахъ; электричество, о которомъ мы говорили, статическое, то есть покоящееся; единственный примѣръ движущагося электричества, какой попадался намъ до сихъ поръ—искра лейденской банки или молніи, проходящая между двумя тѣлами, имѣющими электричество противоположныхъ видовъ. Теперь намъ надобно будетъ нѣсколько подробнѣе изучить нѣкоторые другіе способы полученія движущагося электричества, то есть, электрическихъ токовъ, потому что они представляютъ замѣчательные факты относящіеся къ общему ученію о сохране-

[1]) Electricity, by Fleeming Jenkin, стр. 51—52.

ЭР01685

нiи энергiи. Превращеніе механической энергiи въ электрическую будетъ главнымъ предметомъ слѣдующей главы; остающіяся страницы настоящей главы будутъ посвящены объясненію связи теплоты съ движущимся электричествомъ и связи его съ химическимъ сродствомъ.

Мы ужь говорили, что простое соприкосновеніе двухъ разныхъ металловъ производитъ въ нихъ противоположныя электрическія состоянія. Пока нѣтъ разницы въ температурѣ между частями, которыми соприкасаются они, не происходитъ соединенія или движенія электричествъ, нѣтъ тока. Но если нагрѣемъ точку соприкосновенія и соединимъ проволокою свободные концы металловъ, черезъ проволоку и точку соприкасновенія пойдетъ электрическій токъ. Направленіе его въ разныхъ парахъ металловъ неодинаково. Это явленіе называется термоэлектричествомъ, и было замѣчено первый разъ въ 1823 году Зебекомъ. Лучшее средство открыть существованіе такого тока представляетъ его дѣй-



Фиг. 31.

ДВГНБ

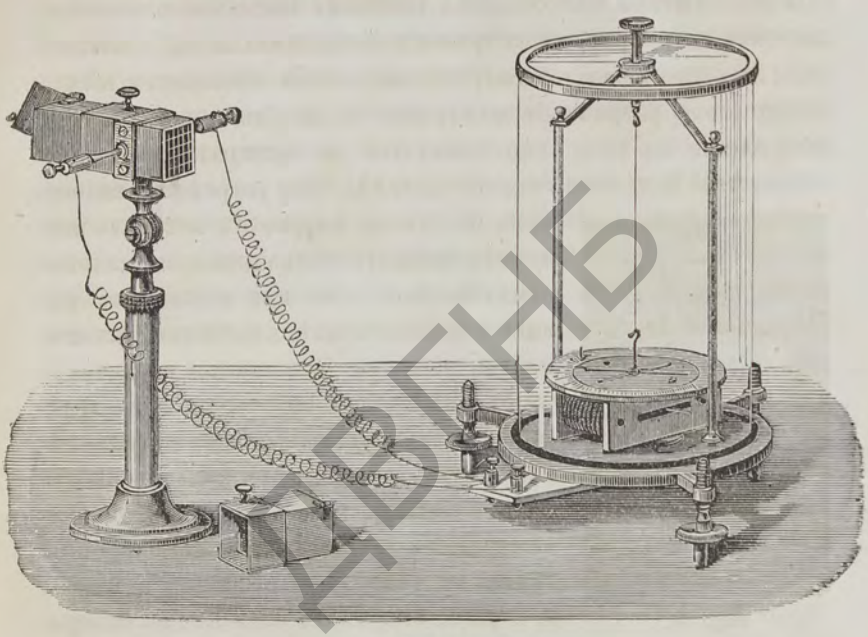
ЭР01685

ствіе на магнитную стрѣлку (глава V), которая отклоняется въ ту или другую сторону отъ своего нормальнаго положенія, когда подлѣ нея есть электрическій токъ. Снарядъ для обнаруженія дѣйствія его на нее называется гальванометромъ; онъ изображенъ на фиг. 31. Интенсивность дѣйствія тока зависитъ отъ того, какіе металлы соединены и отъ степени нагрѣванія; наибольшее дѣйствіе производитъ пара, составленная изъ висмута и антимонія. Если рядъ паръ соединить такъ, чтобы всѣ нечетныя спайки были съ одной стороны, а всѣ четныя съ другой, образуется электрическая батарея; электрическая энергія этого аппарата будетъ опредѣляться тѣмъ, какую разницу можно будетъ поддерживать между температурами того и другаго ряда сочлененій. Термоэлектрическія батареи бываютъ такія сильныя, что употребляются на электрическое освѣщеніе и на другія дѣйствія требующія могущественныхъ токовъ. Сдѣланная въ маленькомъ размѣрѣ, такая батарея называется термоэлектрическимъ столбомъ (фиг. 32) и соединенная впечатлительнымъ гальванометромъ составляетъ чрезвычайно чувствительный аппаратъ для открытія небольшихъ измѣненій температуры; потому этотъ снарядъ очень важенъ для изслѣдованій лучистой теплоты. Надобно замѣтить, какъ новое поясненіе закона сохраненія энергіи, что когда электрическій токъ проводится черезъ спайку двухъ разныхъ металловъ, она или согрѣвается или охлаждается, смотря по направленію тока.

Мы должны теперь разсмотрѣть связь химическаго притяженія съ электричествомъ, или, какъ часто называютъ это, процессъ произведенія электричества химическимъ дѣйствіемъ. Первыми знаніями о связи химическаго дѣйствія съ элекричествомъ мы обязаны двумъ итальянскимъ ученымъ, Гальвани и Вольтѣ, въ началѣ нынѣшняго вѣка изслѣдовавшимъ факты и соотношенія, признаваемые нами теперь за одну изъ

ЭР01685

формъ превращеній энергіи. Термины «вольтовъ столбъ» и «гальваническая батарея» увѣковѣчиваютъ имена основателей этого отдѣла науки. Вольта показалъ, что когда два разные металла приведены въ соприкоснововеніе, въ нихъ воз-

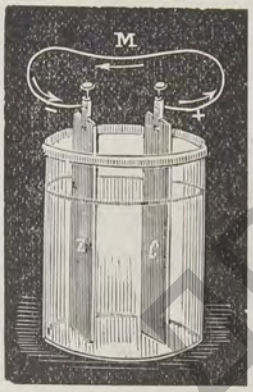


Фиг. 32.

буждаются электрическія состоянія, противоположныя одно другому: одинъ металлъ становится наэлектризованъ положительно (+), другой отрицательно (—). Величина разности между этими состояніями опредѣляется тѣмъ, изъ какихъ металловъ составлена пара; этимъ же опредѣляется и то, въ въ положительномъ или въ отрицательномъ состояніи будетъ находиться данный металлъ. Напримѣръ, желѣзо получаетъ положительное состояніе при соединеніи съ мѣдью, се-

ЭР01685

ребромъ и золотомъ, отрицательное съ оловомъ, свинцомъ и цинкомъ. Долго сомнѣвались въ дѣйствительности существованія этой «силы соприкосновенія», какъ ее часто называютъ, но въ послѣднее время сомнѣнія устранены очень точными опытами сэра Уильяма Томсона. Надобно, однакоже, замѣтить, что простое соприкосновеніе металловъ производитъ лишь *состоянія* электричества; чтобы произвести *токъ*, непрерывное разряженіе электричества, необходимо особенное возбужденіе къ тому; оно находится въ аппаратѣ, который называется Вольтовою парою (фиг. 33). Для устройства ея берутъ сосудъ съ водою, въ которую полезно прибавить нѣсколько кристалловъ обыкновенной соли или нашатыря; въ воду опускаютъ двѣ пластинки какихъ нибудь разныхъ металловъ, *z*, *c*, такъ чтобъ онѣ стояли особо одна отъ другой. Очень обыкновенная и сильная пара—мѣдь и цинкъ, съ прибавленіемъ сѣрной кислоты къ водѣ. Пока пластинки остаются не имѣющими соприкосновенія, не обнаруживается почти никакого дѣйствія; тоже, если цинкъ совершенно чистъ или натертъ ртутью, то есть, покрытъ амальгамою. Если прикрѣпимъ, къ пластинкамъ проволоки, *м*, одну къ одной, другую къ другой, въ нихъ возбудится противоположныя одно другому электрическія состоянія; а когда мы соединимъ ихъ, противоположныя электричества *устремятся другъ къ другу и будутъ непрерывно идти или циркулировать по соединенной проволокѣ*. Если пара составлена изъ цинка и мѣди, проволока прикрѣпленная къ мѣди называется положительнымъ полюсомъ. Интенсивность производимаго дѣйствія, какъ и



Фиг. 33.

ЭР01685

въ опытахъ Вольты надъ соприкосновеніемъ, опредѣляется тѣмъ, изъ какихъ металловъ составлена пара; этимъ же опредѣляется и то, положительное или отрицательное электричество будетъ развиваться въ данномъ металлѣ.

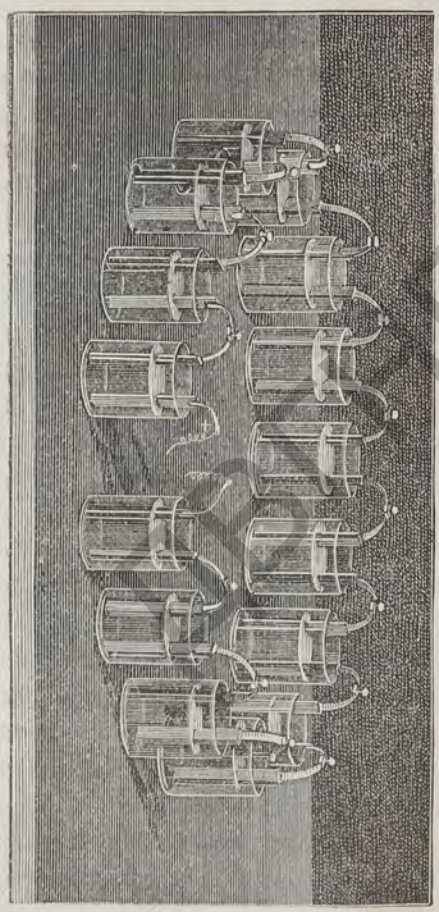
Мы увидимъ, что проволока, соединяющая пластинки въ этомъ аппаратѣ, находится въ состояніи или настроеніи совершенно различномъ отъ обыкновеннаго. Вѣсъ ея не увеличивается отъ этого, но она имѣетъ много любопытныхъ качествъ въ химическомъ, магнетическомъ и физіологическомъ отношеніяхъ; ихъ обозначаютъ выраженіемъ: «по проволокѣ проходитъ электрическій токъ». Но должно помнить, что это лишь выраженіе, обозначающее данный разрядъ фактовъ. *Мы не знаемъ, проходитъ ли по проволокѣ въ самомъ дѣлѣ что нибудь.* Но есть основанія думать, что замѣчаемыя нами дѣйствія происходятъ отъ особенной вибраціи, то есть, отъ особеннаго движенія, происходящаго въ проволокѣ, и что оно различно отъ вибраціи, сопровождающей сопротивленіе тепловой энергіи.

При произведеніи электрической энергіи Вольтовою парою неизмѣнно находимъ тотъ замѣчательный фактъ, что она *всегда сопровождается процессомъ химическаго дѣйствія* въ металлахъ. Одинъ изъ нихъ долженъ имѣть большое химическое притяженіе къ кислороду, а жидкость должна быть способною дѣйствовать на этотъ металлъ. Мы не имѣемъ, однакоже, основаній рѣшить, происходитъ ли тутъ электрическій процессъ отъ химическаго, или наоборотъ; мы знаемъ только, что оба процесса неизмѣнно идутъ вмѣстѣ. Когда мы сожигаемъ цинковую фольгу въ воздухѣ, или нагрѣваемъ огнемъ кусокъ цинка на жаровнѣ, цинкъ окисляется, поглощая кислородъ изъ воздуха и окисленіе его производитъ тепловую энергію. Но когда какъ при окисленіи цинка въ Вольтовой парѣ, кислородъ для окисленія заимствуется у воды

ЭР01685

(при чемъ водородъ воды освобождается), то производится электрическая энергія.

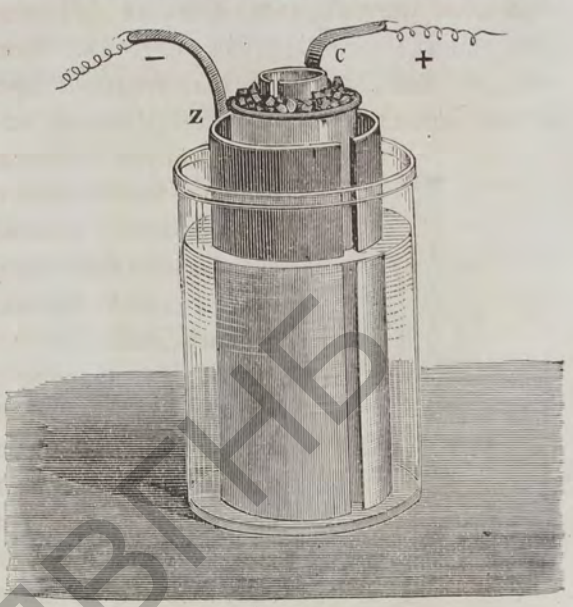
Вольта увеличивалъ дѣйствіе аппарата, соединяя нѣсколько паръ, въ одно цѣлое, какъ изображено это на фиг. 34; это называлось въ первое время «вѣнкомъ изъ чашъ». При составленіи аппарата изъ паръ другихъ системъ, слѣдуютъ тому же способу расположенія ихъ. Скоро было найдено, что пузырьки освобождаемаго водорода прилипаютъ къ пластинкамъ (въ особенности, къ мѣдной, съ поверхности которой и подымается вверхъ наибольшая часть освобождаемаго водорода, подымающагося, впрочемъ, и отъ цинковой пластинки); замѣчено было также, что энергія паръ быстро уменьшается. Было придумываемо много способовъ устранить это ослабѣваніе; обыкновенно, старались достичь цѣли, вливая въ сосудъ двѣ жидкости, раздѣленныя перегородкою изъ



Фиг. 34.

ЭР01685

пористаго горшечнаго матеріала. Въ Даніэлевой батареѣ, съ «неизмѣннымъ дѣйствіемъ» (фигура 35) мѣдная пластинка погружена въ растворъ сульфата мѣди, (мѣднаго купороса), а цинковая пластинка въ скважистый сосудъ съ разжиженною сѣрною кислотою; водородъ проходитъ черезъ скважистыя стѣнки этого сосуда въ другой сосудъ, и вмѣсто того, чтобы подыматься въ видѣ газа, разлагалъ купоросъ,



Фиг. 35.

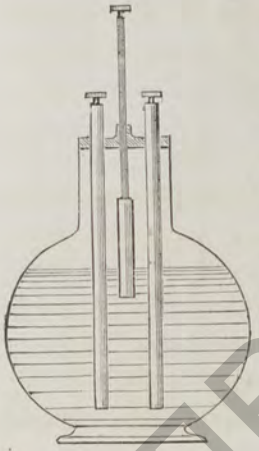
отлагая мѣдь изъ него на мѣдную пластинку, и тѣмъ поддерживая поверхность ея постоянно чистою и свѣтлою. На телеграфахъ дѣйствуетъ около 88,000 паръ системы Даніэля. Въ батареѣ Лекланше́ (фиг. 36) для возбужденія электричества служитъ одна жидкость, растворъ нашатыря, но въ скважистомъ сосудѣ, *MM*, помѣщена палочка угля, окруженная смѣсью угля съ окисломъ марганца. На британскихъ телеграфахъ дѣйствуетъ 56,000 этихъ паръ. Въ такъ называемой двухромовой парѣ, одна пластинка, цинкъ, другая коксъ; онѣ



Фиг. 36.

ЭР01685

погружены въ смѣсь двухромистаго поташа и сѣрной кислоты (фиг. 37). Болѣе 20,000 паръ одного изъ видоизмѣненій этой системы дѣйствуетъ на британскихъ телеграфахъ. Придумано много другихъ системъ. Самое сильное дѣйствіе, но лишь на непродолжительное время даетъ азотнокислая батарея Грова (Grove). Металлы въ ней цинкъ и платина; сосудъ содержитъ двѣ жидкости: слабую сѣрную кислоту и крѣпкую азотную кислоту. Каждая система имѣетъ свои особенныя выгоды и лучше другихъ годится для какого нибудь особеннаго дѣла.



Фиг. 37.

Теперь надобно дать опредѣленіе нѣкоторыхъ терминовъ, часто употребляемыхъ въ ученіи объ электрической энергіи. Путь положительнаго тока отъ цинка черезъ жидкость, мѣдную пластинку и проволоку снова къ цинку, въ одной ли парѣ, или въ батареѣ, называется электрическимъ кругомъ. Часть его идетъ черезъ жидкость, часть по металламъ. Когда металлическая часть его не непрерывна, онъ называется прерваннымъ; и если токъ не чрезвычайно силенъ, онъ не можетъ перескочить и черезъ очень маленькій разрывъ непрерывности. Когда двѣ поверхности прилегаютъ одна къ другой такъ плотно, что токъ переходитъ съ одной на другую, онѣ называются соприкасающимися. Проводникомъ называется вещество, по которому токъ идетъ болѣе или менѣе свободно; почти всѣ металлы проводники. Замѣчательно, что чѣмъ лучше металлъ проводитъ теплоту, тѣмъ лучше проводитъ онъ и электричество: порядокъ ихъ по степени способности проводить одинъ и тотъ же относи-

* или двухромистаго калія.

ЭР01685

тельно и теплоты и электричества. Изоляторъ—такое вещество, черезъ которое токъ не проходитъ; такія вещества, напримѣръ, шелкъ, стекло, глиняная посуда, гутта-перча. Изоляторы употребляются для того, чтобы электрическая энергія не ушла съ кондукторовъ. Выраженіе «электродвигательная сила» значитъ: «то, что двигаетъ или стремится двигать электричество съ одного мѣста на другое», подобно тому какъ давленіе въ системѣ водопроводныхъ трубъ движетъ или стремится двигать по нимъ воду. Слово «потенціалъ» значитъ: степень наэлектризованности тѣла. Разность потенціала двухъ тѣлъ равна силѣ, съ какою электричество стремится перейти съ одного изъ нихъ на другое.

Разсмотримъ теперь нѣкоторые изъ дѣйствій движущагося электричества, или электрическаго тока, и будемъ обращать вниманіе на ихъ разницу отъ фактовъ, извѣстныхъ намъ о покоящемся или статическомъ электричествѣ тѣлъ, находящихся въ противоположныхъ одно другому электрическихъ состояніяхъ. Мы знаемъ нѣкоторыя изъ дѣйствій, производимыхъ движущимся электричествомъ, при разряженіи лейденской банки. Но и разряженія ея и непосредственныя дѣйствія его чрезвычайно кратковременны. А дѣйствія электрическаго тока длятся все время, пока длится самый токъ, то есть, при употребленіи тѣхъ батарей, о которыхъ мы говорили теперь, пока происходятъ въ батареѣ химическія измѣненія, круговой путь тока остается цѣльнымъ и соприкосновеніе нигдѣ не прерывается.

Надобно, однакоже, твердо помнить, что выраженіе «электрическій токъ» имѣетъ чисто условный смыслъ, и нѣтъ никакихъ доказательствъ, что по проволокѣ въ самомъ дѣлѣ движется что нибудь. Наши знанія тутъ ограничиваются лишь тѣмъ фактомъ, что проволока въ данныхъ условіяхъ имѣетъ нѣкоторыя замѣчательныя качества и что это особен-

ЭР01685

ное состояніе распространяется вдоль по проволокѣ съ быстротою близкою къ быстротѣ свѣта, значительно превышающею 150,000 миль *) въ секунду.

Мы видѣли, что̀ происходитъ, когда представляется сопротивленіе энергіи химическаго движенія: она превращается въ тепловую энергію. То же происходитъ, когда представляется сопротивленіе движущемуся электричеству. Это сопротивленіе ему представляютъ дурные проводники и тѣсные для него проводники. Когда онъ встрѣчаетъ на своемъ пути сильное сопротивленіе, мѣсто гдѣ встрѣчается оно, болѣе или менѣе нагрѣвается. Этотъ опытъ производятъ вводя въ кругъ, по которому проходитъ сильный токъ, короткую тонкую проволоку, слишкомъ тѣсную для тока; она сильно нагрѣвается; и если энергія тока достаточно велика, она расплавится, и токъ прервется. Этотъ способъ мгновенно возбуждать теплоту электричествомъ находитъ себѣ, какъ извѣстно, большое примѣненіе для взрыванія минъ съ безопаснаго разстоянія; онъ устраняетъ всѣ несчастные случаи, происходящіе отъ употребленія зажигательныхъ трубокъ; тѣмъ же способомъ производятъ выстрѣлы изъ тяжелыхъ орудій, поодиночкѣ ли, залпомъ ли цѣлаго борта; мы увидимъ, что на немъ основываются всѣ примѣненія электричества къ освѣщенію, и въ особенности къ такъ называемому раскаленному свѣту. Сопротивленіе, представляемое кондукторомъ, опредѣляется его размѣромъ и матеріаломъ, изъ котораго онъ сдѣланъ. Вліяніе матеріала прекрасно показываетъ намъ цѣпь, составленная изъ требующихся звеньевъ, серебряной и платиновой проволоки одинаковой толщины и длины: когда проводимъ черезъ нее сильный токъ, платиновыя звенья раскаляются до красна, а серебряныя, проводящіе лучше, то есть, пред-

*) 225,000 верстъ.

ЭР01685

ставляющія менѣе сопротивленіе, остаются, сравнительно, холодными.

Объясненіе принциповъ электрическаго освѣщенія мы отлагаемъ до слѣдующей главы, потому что при нынѣшнихъ формахъ практическаго примѣненія ихъ, дѣло касается вопросовъ объ отношеніяхъ между магнетизмомъ и электричествомъ, которые мы будемъ разсматривать въ томъ отдѣлѣ книги. Здѣсь довольно будетъ замѣтить, что вообще говоря, есть двѣ системы электрическаго освѣщенія: 1) освѣщеніе посредствомъ дуги; въ аппаратахъ этого рода свѣтъ производится тѣмъ, что въ кругъ тока вводится сопротивленіе представляемое двумя кусочками угля, между которыми оставленъ маленькій слой воздуха; 2) освѣщеніе посредствомъ раскаленія; въ этой системѣ, сопротивленіе, необходимое для полученія свѣта, производится введеннымъ въ кругъ тока сплошнымъ тонкимъ слоемъ угля. Мимоходомъ скажемъ, что обѣ эти системы вовсѣ не такъ новы, какъ обыкновенно полагаютъ. Свѣтовую дугу производилъ Дэви, три четверти столѣтія тому назадъ *), а лампу съ раскаленнымъ углемъ публично въ Бирмингемѣ мистеръ Мэтью Уильямзъ, болѣе тридцати лѣтъ тому назадъ. Но въ обоихъ случаяхъ, электрическая энергія была производима химическими средствами; а это стоило такъ дорого, что употреблять электрическій свѣтъ можно было только для ученыхъ изслѣдованій о немъ или въ такихъ случаяхъ, гдѣ не останавливаются ни передъ какими издержками. О приложеніи электричества къ освѣщенію и къ другимъ надобностямъ практической жизни, напримѣръ, о превращеніи его въ движущуюся силу, стали въ послѣднее

*) Первый производилъ свѣтовую дугу, кажется, Робертсонъ; объ его аппаратѣ говорится въ Journal de Paris 22 вантоза X года (12-го марта 1802 г.). См. Nature, іюня 1883 г.

ЭР01685

время говорить такъ много собственно потому, что лишь недавно открыты средства превращать самую дешевую, какая только извѣстна намъ, форму энергіи, то есть, механическую энергію, въ электрическую и снова обращать электрическую энергію въ механическую. Аппаратъ, производящій это, называется динамическою машиною; мы подробно объяснимъ ее въ слѣдующей главѣ. Не лишено будетъ интереса представить здѣсь сравнительную стоимость электрической энергіи при полученіи ея химическимъ способомъ и механическимъ. Слѣдующая таблица показываетъ, сколько футо-фунтовъ энергіи получается отъ одной унціи нѣкоторыхъ веществъ:

порохъ	100,000
каменный уголь	695,000
цинкъ	113,000
мѣдь	69,000
водородъ	2.925,000

Изъ этого видимъ, что каменный уголь можетъ давать въ шесть разъ больше энергіи, нежели цинкъ, такъ что если-бы цѣна тонны цинка была одинакова съ цѣною тонны каменнаго угля (электрическая) энергія, производимая цинкомъ, обходилась бы въ шесть разъ дороже (механической) энергіи, производимой каменнымъ углемъ. А тонна цинка стоитъ, какъ извѣстно, во много разъ дороже тонны каменнаго угля. Потому, даже при наивыгоднѣйшихъ обстоятельствахъ, стоимость электрической энергіи, получаемой химическимъ путемъ, чрезвычайно невыгодна по сравненію со стоимостью энергіи, получаемой механическимъ способомъ, который будетъ описанъ въ слѣдующей главѣ.

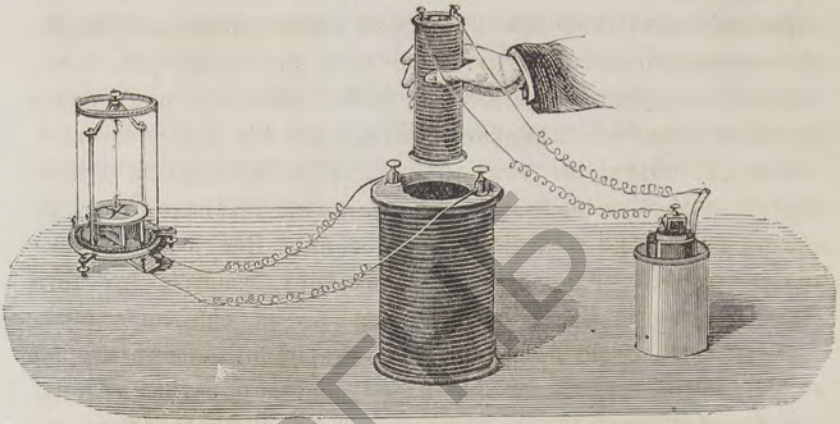
Мы видѣли, что и простое приближеніе наэлектризованнаго тѣла къ кондуктору, находящемуся въ нейтральномъ

ЭР01685

состояніи, уже вызываетъ, или какъ это называется, производитъ индукціею, противоположное электричество въ этомъ тѣлѣ. Фэрэде, въ 1831 году замѣтилъ явленіе подобнаго рода относительно движущагося электричества. Основной фактъ индукціи, производимой движущимся электричествомъ, можно выразить такъ: если двѣ проволоки лежатъ параллельно, но изолированы одна отъ другой, и если по одной изъ нихъ пойдетъ электрическій токъ, то лишь начнется онъ, одновременно съ нимъ, возникаетъ, или, какъ это говорятъ, производится индукціею токъ и въ другой проволокѣ. Этотъ индуктивный токъ имѣетъ направленіе, противоположное току первой проволоки и исчезаетъ мгновенно. Послѣ того во второй проволокѣ не происходитъ никакого дѣйствія до того мгновенія, когда прекращается токъ въ первой проволокѣ; а въ это мгновеніе проявляется во второй проволокѣ второй индукціонный токъ, но въ направленіи, обратномъ тому, какое имѣлъ первый индукціонный токъ, слѣдовательно, въ направленіи одинаковомъ съ непрерывнымъ токомъ, первой проволоки. Тѣ же самыя явленія происходятъ, когда проволока, имѣющая непрерывный токъ, приближается къ другой, изолированной проволокѣ, и удаляется отъ нея. Это хорошо бываетъ видно на опытѣ, когда мы изолируемъ обѣ проволоки шелкомъ или гуттаперчею и навьемъ ихъ спиралью на тонкія деревянныя катушки (фиг. 38). Концы первой или «наводящей», индуктирующей проволоки соединены съ батареею, а концы второй съ измѣряющимъ силу тока снарядомъ, гальванометромъ (глава V). Когда индуктирующая спираль влагается въ индуктируемую и когда отдѣляется отъ нея, гальванометръ показываетъ возникновеніе индуктированныхъ токовъ, о которыхъ мы говорили выше. То же дѣйствіе можно производить болѣе совершеннымъ образомъ, оставляя индуктирущую спираль внутри индуктируемой и, снабдивъ индуктирующую небольшимъ ме-

ЭР01685

ханическимъ приспособленіемъ, быстро устанавливающимъ и прерывающимъ соприкосновеніе ея съ батареею, то есть, производящимъ быстрый рядъ индукціонныхъ токовъ. Индуктирующая спираль короткая, сравнительно толстая проволока,

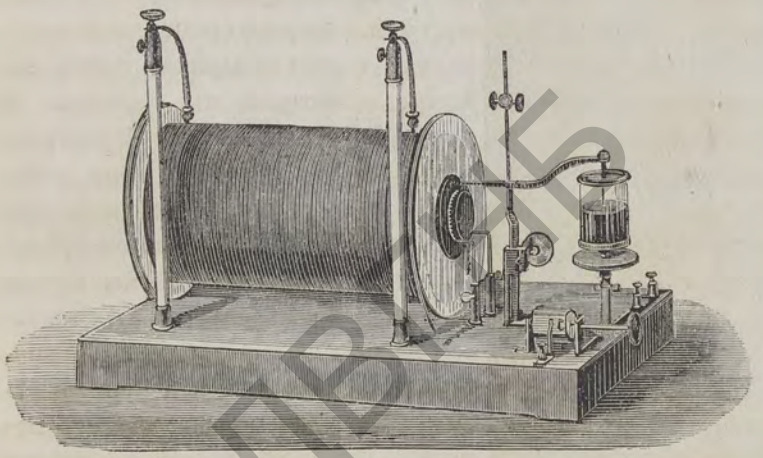


Фиг. 38.

а индуктируемая состоитъ изъ множества оборотовъ очень тонкой проволоки, хорошо изолированной. Такой аппаратъ называется индукціонною спиралью или Румкорфовою спиралью, по имени знаменитаго фабриканта этихъ снарядовъ (фиг. 39). Индукціонные токи всегда имѣютъ большую электро-двигательную силу, и ихъ искры бьютъ черезъ промежутки, какихъ не перейдетъ искра никакой батареи; физіологическія дѣйствія ихъ очень сильны. Даже медицинскіе спирали, сравнительно маленькія, даютъ очень непріятные удары, а ударъ нѣкоторыхъ большихъ спиралей можетъ убить человѣка. Самая большая изъ всѣхъ сдѣланныхъ до сихъ поръ спиралей принадлежала покойному мистеру Споттисвуду, бывшему президенту Королевскаго общества (1833); она имѣетъ 4 фута длины и 20 дюймовъ въ поперечникѣ;

ЭР01685

весь приборъ вѣситъ 15 центнеровъ; ея индуктирующая спираль сдѣлана изъ проволоки въ 660 ярдовъ длиною и почти въ $^1/_{10}$ дюйма въ діаметрѣ, индуктируемая изъ проволоки въ 280 миль длиною и почти въ $^1/_{100}$ дюйма въ поперечникѣ. Приводимая въ дѣйствіе батареею Грова изъ 30 паръ, она даетъ искру въ $42^1/_2$ дюйма длины, — истинную молнію въ миніатюрѣ.

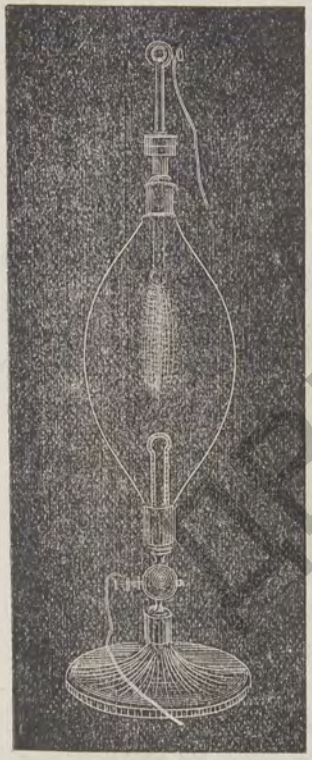


Фиг. 39.

Многія изъ дѣйствій обыкновенныхъ «электрическихъ машинъ» могутъ быть производимы спиралями; но главнымъ образомъ употребляются онѣ для изученія дѣйствій электричества при разныхъ условіяхъ, въ обыкновенномъ воздухѣ или въ пространствѣ, изъ котораго вытянутъ почти весь воздухъ; и нѣкоторые изъ опытовъ въ такомъ пространствѣ едва ли не великолѣпнѣйшіе во всей экспериментальной физикѣ. Характеръ свѣтоваго разряженія электричества безконечно видоизмѣняется, смотря по степени уменьшенія плотности воздуха или газа подъ воздуш-

ЭР01685

нымъ колоколомъ или въ замкнутомъ стекляномъ сосудѣ (фиг. 40 и 41) и смотря потому, какой газъ находится тамъ въ этой очень уменьшенной плотности. Но замѣчательно, что когда выкачиваніемъ произведено почти совершенно пустое пространство, разряженіе электричества вовсе перестаетъ происходить. Изученіе этихъ разряженій значительно разъяснило удивительное явленіе природы, сѣверное сіяніе; много разъяснило и молекулярную теорію матеріи, о которой мы говорили въ главѣ I. Изслѣдованія Лейнстрёма (Leinström), о явленіяхъ зори, обнародованныя въ послѣднее время пролили много свѣта на вопросы о ней.

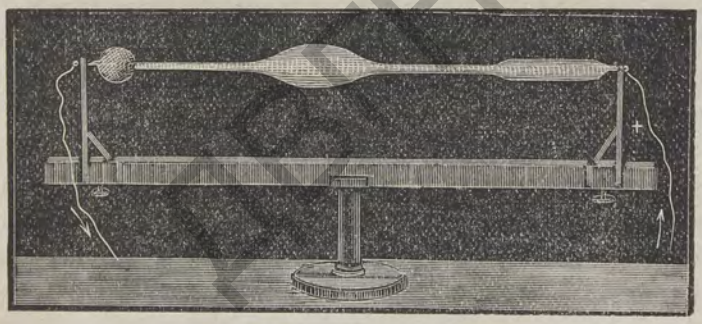


Фиг. 40.

Въ предъидущей главѣ мы видѣли нѣсколько примѣровъ развитія тепловой энергіи силою химическаго притяженія, и замѣтили, что при извѣстныхъ условіяхъ процессъ этотъ можетъ быть поведенъ въ обратномъ направленіи, то есть, если тепловая энергія будетъ дѣйствовать на образованныя вліяніемъ ея сложныя тѣла, она можетъ уничтожить сдѣланное ею и разложить эти сложныя тѣла. Электрическая энергія одно изъ самыхъ могущественныхъ средствъ разлагать сложныя тѣла, особенно когда они находятся въ состояніи жидкостей. Кромѣ расплавленныхъ металловъ, никакая жидкость, если она сколько нибудь проводитъ электричество, не остается неразложенною, проводя его токъ. При процессѣ разложенія,

ЭР01685

электрическая энергія расходуется на преодолѣніе сопротивленія, представляемаго разложенію химическимъ сродствомъ между двумя веществами, составляющими самое тѣло. Самый общеизвѣстный примѣръ этому электрическое разложеніе воды или, по терминологіи Фэрэдэ, электролизмъ ея. Чистая вода, подобно терпентину, петролю и многимъ видамъ растительнаго масла, принадлежитъ къ непроводникамъ. Но если прибавить къ ней нѣсколько капель сѣрной кислоты, она легко разлагается токомъ батареи изъ немногихъ паръ. Этотъ аппаратъ изображенъ на фигурѣ 42. Проволоки, отъ батареи прикрѣплены къ двумъ платиновымъ пластинкамъ, надъ каждою изъ которыхъ опрокинута трубка, закрытая съ верхняго конца и наполненная водою. Когда замк-



Фиг. 41.

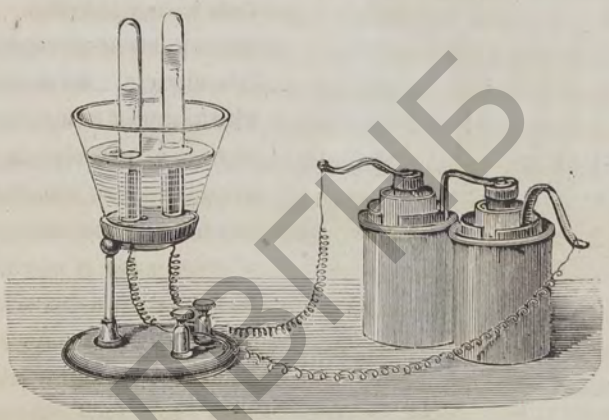
немъ кругъ тока, съ каждой пластинки начнутъ подыматься къ верху ея трубки пузырьки газа, вытѣсняя воду, и скоро увидимъ, что въ трубкѣ надъ пластинкою, соединенною съ цинковымъ концомъ батареи, собирается вдвое больше газа, чѣмъ въ трубкѣ мѣднаго конца. Поднимемъ трубки и изслѣдуемъ химическими средствами находящіеся въ нихъ газы. Тотъ газъ, который полученъ въ бо́льшемъ количествѣ, окажется водородомъ, а другой кислородомъ. Это покажетъ намъ, что составъ

ЭР01685

воды дѣйствительно соотвѣтствуетъ тому, какой нами опредѣленъ въ свое время. Если, вмѣсто воды, подвергнемъ дѣйствію тока растворъ какой нибудь соли металла, напримѣръ, сульфата мѣди (мѣднаго купороса), сульфата никкеля, уксуснокислаго свинца (свинцоваго сахара) и проч., подъ одною трубкою тоже будетъ выдѣляться кислородъ, но подъ тою, гдѣ собирался водородъ, теперь не будетъ выдѣляться никакого газа; вмѣсто того платиновая пластинка будетъ покрываться отложеніемъ металла, бывшаго въ растворѣ: мѣди, никкеля или свинца, сообразно тому, какая соль находится въ растворѣ. На этихъ фактахъ основана электротипія и гальванопластика или, какъ это часто называютъ, электро-металлургія. Предметы, которые надобно покрыть металломъ, соединяются съ цинковымъ концомъ батареи, или соотвѣтствующимъ концомъ какого нибудь другаго электрическаго аппарата, и подвѣшиваются въ сосудѣ, въ который налитъ растворъ того металла, какимъ хотимъ мы покрыть предметъ. Для серебренія употребляютъ ціанистое серебро съ ціанистымъ каліемъ; для позолоты—такую же соль золота въ горячемъ растворѣ. Другой конецъ батареи (или динамической машины, глава V) соединяется не съ платиновою пластинкою, а съ подвѣшеннымъ въ сосудѣ подобно ей листомъ того металла, который находится въ растворѣ. Когда кругъ замкнутъ, электрическая энергія разлагая растворъ соли, отдѣляетъ металлъ отъ кислоты и отлагаетъ его на предметѣ, который хотятъ покрыть имъ. Кислота и кислородъ, освобождаемыя выдѣленіемъ металла, обращаютъ дѣйствіе своего притяженія на пластинку металла, онъ постепенно растворяется и такимъ образомъ поддерживается крѣпость раствора. Электротипіею называютъ искусство дѣлать мѣдные снимки съ печатей, медалей и проч. Этимъ можетъ съ успѣхомъ заниматься даже амато̀ръ. Надобно сдѣлать отчетливый оттискъ предмета, кото-

ЭР01685

рый мы хотимъ воспроизвести; оттискъ этотъ дѣлается на легкоплавкомъ металлѣ, сургучѣ, гуттаперчѣ и т. п. или на парижской мастикѣ. Если онъ сдѣланъ не на металлѣ, его надобно натереть чернымъ карандашемъ чтобы сдѣлать поверхность проводникомъ электричества. Оттискъ подвѣшиваютъ въ сосудѣ, въ которомъ налитъ растворъ сульфата мѣди и подвѣшенъ листъ мѣди, соединенный съ батареею. Подвѣсивъ



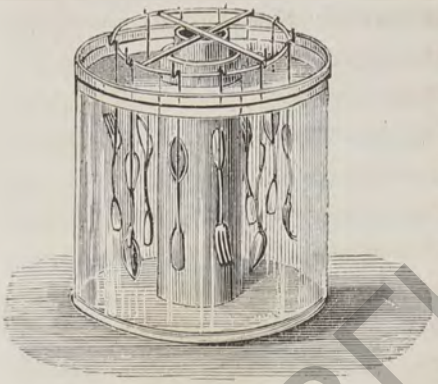
Фиг. 42.

оттискъ, предоставляютъ его дѣйствію тока, пока отложится на немъ достаточно толстый слой металла; тогда отдѣляютъ электрическій снимокъ отъ оттиска. Многіе изъ рисунковъ въ этой книгѣ напечатаны электротипами, произведенными этимъ способомъ. Для мелкихъ предметовъ достаточенъ менѣе сложный аппаратъ, состоящій изъ одной пары (фиг. 43). Это глиняный сосудъ, въ которомъ налитъ крѣпкій растворъ сульфата мѣди и стоитъ скважистый глиняный горшокъ съ разжиженною сѣрною кислотою и пластинкою или кускомъ цинка; цинкъ соединенъ проволокою съ формою, подвѣшен-

ЭР01685

ною въ растворѣ; крѣпость раствора поддерживается подвѣшенными въ немъ кристаллами сульфата мѣди.

Мы видѣли, что когда происходитъ химическое соединеніе, развивается какая нибудь форма энергіи, и что эта энергія поглощается разложеніемъ давшаго ее соединенія. Количество энергіи, производимой процессомъ химическаго соединенія, опредѣляется количествомъ соединяющихся матеріаловъ и тѣмъ, какія вещества составляютъ эти матеріалы; но при одинаковости количества однихъ и тѣхъ же веществъ оно всегда одно и тоже. Потому натурально ожидать, что надобное для разложенія разныхъ соединеній количество электрической энергіи также имѣетъ для каждаго сложнаго тѣла свою особую неизмѣнную величину. Это и дѣйствительно такъ. Иными словами: величина работы, совершаемой электричествомъ, пропорціональна количеству произведеннаго электричества и количеству «сгорающаго» въ батареѣ цинка. При разложеніи воды, количество получаемыхъ газовъ опредѣляется силою тока и временемъ его дѣйствованія. Фэрэдэ устроилъ аппаратъ, называемый вольтаметромъ, въ которомъ есть трубка, раздѣленная на градусы, для измѣренія смѣси газовъ, получаемыхъ химическими процессами; по количеству ихъ, полученному въ продолженіе извѣстнаго времени, можно вычислить силу тока. Эдисонъ предложилъ примѣнить тотъ же принципъ къ устройству снаряда, предназначеннаго счи-



Фиг. 43.

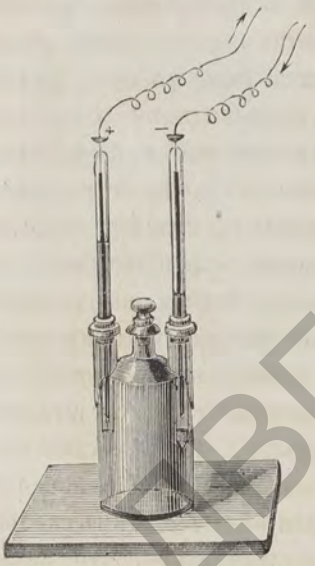
ЭР01685

тать, сколько изъ общаго количества электрической энергіи, производимой для всего города, будетъ взято какимъ нибудь домомъ для освѣщенія или механической работы (глава V). Въ этомъ снарядѣ доровитаго изобрѣтателя количество мѣди, отложенной данною частью тока на металлическую пластинку, доставляетъ данныя для разсчета, и замѣчательное приспособленіе показываетъ на циферблатахъ результаты счета, какъ въ газометрѣ. Если данная сила тока, то есть, данное количество электрической энергіи, производимой расходованіемъ даннаго количества цинка, употребляется на разложеніе солей разныхъ металловъ, отлагаемыя количества металловъ оказываются при разложеніи разныхъ солей разныя; величины вѣса этихъ разныхъ количествъ находятся между собою въ такихъ же соотношеніяхъ, какъ цифры, выражающія пропорцію, въ какой соединяются эквиваленты простыхъ тѣлъ. Такъ на каждыя $32^1/_2$ части цинка, потребленнаго батареею (или отложеннаго токомъ данной силы) отлагаются $31^1/_2$ частей + мѣди, 108 частей серебра, $29^1/_2$ частей никкеля и $65^1/_2$ частей золота. Водородъ при своихъ соединеніяхъ производитъ количество энергіи бо̀льшее, чѣмъ сколько производятъ другія тѣла; потому неудивительно, что разложеніе тѣлъ, въ составъ которыхъ онъ входитъ, требуетъ наибольшаго количества энергіи. Одна часть водорода (по вѣсу) производится потребленіемъ $32^1/_2$ частей цинка.

Въ послѣднее время, электро-химическое разложеніе воды, или, вѣрнѣе, слабой сѣрной кислоты получило чрезвычайную важность по связи своей съ такъ называемымъ накопленіемъ «запасовъ электричества» или «запасовъ силы» (выраженія ошибочныя, какъ мы увидимъ; вмѣсто нихъ слѣдовало бы употреблять выраженіе «электрическій запасъ энергіи»). Первое наблюденіе, относящееся къ этому предмету, сдѣлано сэромъ Уильямомъ Гровомъ, который въ 1842 году замѣтилъ,

ЭР01685

что если разлагать воду въ вольтаметрѣ и потомъ, разъединивъ батарею, соединить платиновыя пластинки снаряда проволокою (фигура 44), по ней пойдетъ токъ, и газъ будетъ исчезать. Токъ этотъ идетъ отъ кислорода къ водороду, то есть, въ направленіи, обратномъ току, разложившему воду на эти газы. Батарея, составленная изъ пятидесяти такихъ паръ имѣетъ достаточно силы, чтобы разлагать воду и даже производить электрическій свѣтъ. Ея энергія производится, повидимому, химическимъ взаимодѣйствіемъ водорода и кислорода, или по крайней мѣрѣ сопровождается имъ, точно такъ же, какъ въ простой вольтовой парѣ химическое взаимодѣйствіе цинка и кислорода всегда проявляется при произведеніи въ ней движущагося электричества.



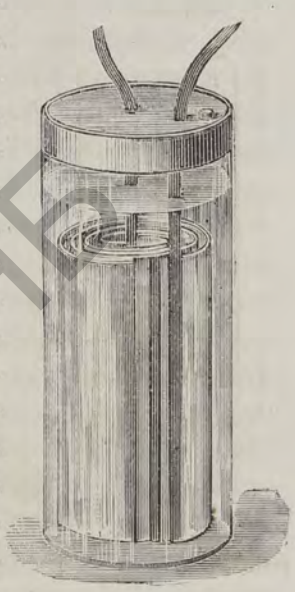
Фиг. 44.

Первымъ, примѣнившимъ этотъ фактъ къ надобностямъ практической жизни, былъ Гастонъ Плантё (Planté), построившій въ 1860 году свою «батарею для накопленія запаса» или аккумуляторъ. Это аппаратъ очень простаго устройства: двѣ длинныя широкія свинцовыя ленты кладутся одна на другую, разъединенныя узкими полосами гутта-перчи, все вмѣстѣ свертывается спиралью и погружается въ стеклянную банку, налитую слабою сѣрною кислотою; концы свертка прикрѣпляются къ пластинкамъ соединительными полосками, концы которыхъ выдаются изъ сосуда (фигура 45). Когда черезъ аппаратъ проходитъ токъ батареи (или динамической

АВГНВ

ЭР01685

машины), вода разлагается, и пластинка, черезъ которую входитъ токъ (то есть, пластинка, соединенная съ «мѣднымъ» или положительнымъ концомъ батареи) покрывается тонкою пленкою окиси свинца, между тѣмъ какъ водородъ поглощается другою свинцовою пластинкою. Когда батарея разъединена, пара можетъ быть сохраняема въ прежнемъ состояніи; но когда соединимъ проволокою свинцовыя пластинки, по нимъ проходитъ токъ и въ то же время часть водорода соединяется съ кислородомъ окиси свинца на другой пластинкѣ. Если зарядимъ пару снова, но въ обратномъ направленіи тока, новыя количества газа будутъ поглощены каждою пластинкою; и если этотъ процессъ заряжанія и разряжанія поочередно въ противоположныхъ направленіяхъ будетъ повторенъ нѣсколько разъ, слои на поверхностяхъ обѣихъ свинцовыхъ пластинокъ сдѣлаются такими скважистыми, что поглотятъ очень большія количества газовъ. Этотъ процессъ называется «формированіемъ» пары. Онъ довольно длиненъ. Чтобы сдѣлать его быстрѣе, Камиль Форъ (Faure) покрылъ обѣ пластинки сурикомъ (въ 1880 г.). Благодаря тому, онъ получилъ скважистое состояніе металлическаго свинца гораздо меньшимъ числомъ заряжаній и разряжаній, чѣмъ было необходимо при системѣ Планте. Чертежъ расположенія пластинокъ въ парѣ Фора изображенъ на фиг. 46. Въ аккумуляторахъ Фора, Сельона, Волькмара,—вѣроятно, наилучшихъ въ настоящее время (іюнь, 1883), — фабрикуемыхъ въ коммерческомъ размѣрѣ, толстыя,



Фиг. 45.

ЭР01685

свинцовыя рѣшетки сдѣланы изъ литаго металла, скважины въ нихъ наполнены окисью свинца, и почти всѣ предлагаемыя видоизмѣненія устройства имѣютъ цѣлью увеличеніе дѣйствующей поверхности свинца.



Фиг. 46.

О характерѣ химическихъ измѣненій, происходящихъ въ этихъ аппаратахъ, мнѣнія ученыхъ не одинаковы; но безспорно то, что въ этомъ процессѣ играютъ важную роль сѣрная кислота, сульфатъ свинца, перекись свинца и вода, и что эти вещества непрерывно подвергаются разложенію и возсоединенію. Главные факты, которые надобно помнить, состоятъ здѣсь въ слѣдующемъ: когда снарядъ заряжается, электрическая энергія производитъ въ немъ химическую работу, и производя ее, перестаетъ быть электричествомъ; совершаемая электрическою энергіею работа состоитъ въ преодолѣніи взаимнаго химическаго притяженія между веществами; аппаратъ въ заряженномъ состояніи походитъ на обыкновенную вольтову пару, изъ которой можно когда угодно извлечь электрическую энергію, дополнивъ кругъ тока по части окружности внѣ ея; и *въ то время*, когда онъ разряжается и извлекается изъ него электрическая энергія, *производится* электричество; оно всегда сопровождается, а вѣроятно и порождается, возсоединеніемъ веществъ, бывшихъ разъединенными. И такъ, эти аккумуляторы *не содержатъ электричества* въ готовой формѣ, а содержатъ только средство произвести его, когда понадобится; въ нихъ накопленъ запасъ не собственно электричества, а энергіи.

ЭР01685

Совершенно параллельный этому фактъ представится намъ въ главѣ VI, гдѣ мы будемъ подробно говорить о запасѣ солнечной энергіи, накопившемся въ деревѣ и каменномъ углѣ (черезъ посредство жизни растеній) и о томъ, что она воспроизводится въ формѣ теплоты и свѣта, когда углеродъ и кислородъ, разъединенные солнечною энергіею, возсоединяются. Вообще, почти всѣ накопленія запасовъ энергіи производятся разъединеніемъ двухъ тѣлъ, имѣющихъ тенденцію соединиться.

Почти всѣ виды употребленія электрическихъ аккумуляторовъ или вторичныхъ батарей въ практической жизни основаны на употребленіи динамическихъ машинъ для заряжанія ихъ, потому что это самый дешевый способъ производить электрическую энергію. Мы будемъ говорить о связи аккумуляторовъ съ динамическими машинами въ слѣдующей главѣ; но умѣстно будетъ сказать теперь же о томъ, какое количество энергіи можетъ быть накоплено электрохимическимъ способомъ. Численныя отношенія механической энергіи къ электрической будутъ объяснены въ слѣдующей главѣ; потому здѣсь, не дѣлая вычисленій, находимъ достаточнымъ сказать, что вполнѣ заряженная пара Планте можетъ содержать въ себѣ запасъ около 11.000 футо-фунтовъ энергіи на каждый фунтъ свинца въ этой парѣ, а пара Фора около 13.000 пудо-фунтовъ энергіи на фунтъ свинца. По вычисленію сэра Уильяма пара Фора, имѣющая форму спирали и вѣсящая 165 фунтовъ *), можетъ содержать въ себѣ запасъ 2.000.000 футо-фунтовъ энергіи **). Мортонъ въ подписанномъ 17 февраля 1883 г. отчетѣ объ аккумуляторахъ фирмы Форъ, Сельонъ и Волькмаръ говоритъ, что количество 2.000.000

*) Около 180 русскихъ фунтовъ.

**) Около 2.200.000 русскихъ футо-фунтовъ или около 55.000 пудо-фунтовъ.

ЭР01685

футо-фунтовъ, равное дѣйствію 1 лошадиной силы въ продолженіе 1 часа времени, можетъ быть накоплено въ парѣ этой системы, вѣсящей только 80 фунтовъ *), и что три такихъ пары, простоявъ съ полнымъ зарядомъ шестнадцать дней, утратили отъ дѣйствія времени только 7 процентовъ находившейся въ нихъ энергіи. То, что говоритъ онъ о пропорціи утраты отъ дѣйствія времени, авторъ можетъ подтвердить по собственному опыту надъ дѣйствіемъ этихъ паръ, сдѣланному при условіяхъ, обезпечивающихъ вѣрность вывода.

---

*) Около 88 русскихъ фунтовъ.

ЭР01685

ГЛАВА V.

Магнетизмъ и электричество.

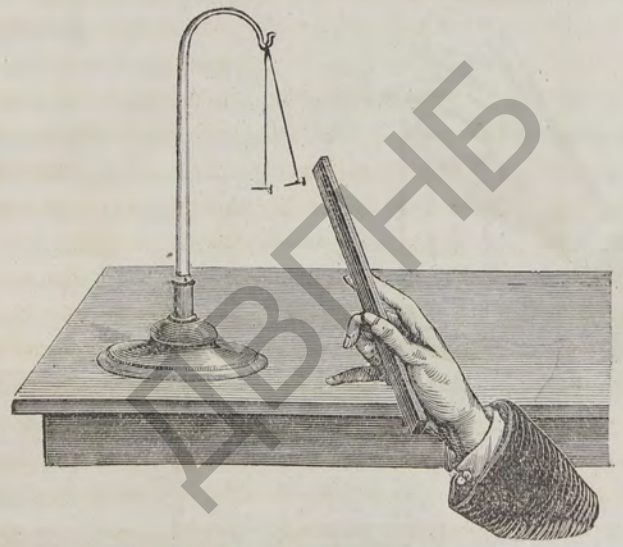
Отношенія между этими двумя формами энергіи въ природѣ очень тѣсны и на связи ихъ основаны всѣ приложенія электричества къ дѣламъ практической жизни. Прежде, чѣмъ займемся изученіемъ ея, надобно будетъ намъ кратко разсмотрѣть нѣкоторыя изъ элементарныхъ явленій магнетизма и нѣкоторые изъ терминовъ, употребляемыхъ въ ученіи о немъ. Сила магнитнаго притяженія была впервые замѣчена за много столѣтій до начала нашей эры въ крѣпкихъ черныхъ каменьяхъ, находимыхъ въ малоазіатскомъ городѣ Магнезіи, отъ имени котораго магнитъ и получилъ свое названіе; послѣ, такіе же камни были найдены и въ другихъ странахъ. Въ послѣдствіи времени открыли, что магнитъ—особый сортъ желѣзной руды, соединеніе желѣза съ кислородомъ. Сначала думали, что онъ притягиваетъ только желѣзо и сталь. Послѣ, опыты (какъ и относительно электрическаго притяженія) показали, что магнитное притяженіе дѣйствуетъ и на очень многія другія тѣла, хотя слабѣе. Въ X или XII вѣкѣ было замѣчено, что когда такой камень повѣшенъ на шнурѣ, то концы его всегда принимаютъ опредѣленное направленіе; одинъ показываетъ на сѣверъ, другой на югъ и если вывесть ихъ изъ этого направленія, они быстро возвра-

ЭР01685

щаются къ нему. Вскорѣ послѣ того было найдено, что желѣзо и сталь, если потереть ихъ по опредѣленнымъ направленіямъ кускомъ магнита, пріобрѣтаютъ тѣ же свойства. Въ 1600 г. Джильбертъ обнародовалъ результаты своихъ опытовъ надъ магнитомъ, очень основательныхъ; они много увеличили прежнія знанія объ этихъ качествахъ. Но едва ли надобно говорить, что и до сихъ поръ сущность магнетизма, точно такъ же неизвѣстна намъ, какъ и сущность электричества. Мы ужъ говорили, что ни той, ни другой изъ этихъ формъ энергіи мы не знаемъ въ отдѣльности отъ матеріи. Есть твердыя основанія думать, что явленія магнетизма имѣютъ какую-то связь съ движеніемъ частичекъ тѣлъ, проявляющихъ его; что это одна изъ формъ молекулярнаго движенія, о которомъ говорили мы въ главахъ I и II. По этому мнѣнію, сильно подкрѣпленному въ послѣднее время опытами, которые показывалъ Королевскому Обществу Наукъ профессоръ Гьюзъ (D. E. Hughes), разницу между расположеніемъ частичекъ въ магнитѣ и расположеніемъ ихъ въ кускѣ обыкновенной стали или обыкновеннаго желѣза можно считать подобною разницѣ между разными способами укладки яицъ въ двухъ ящикахъ: въ одномъ (соотвѣтствующемъ магниту) яйца заботливо уложены бокъ о бокъ параллельно одно другому и бокамъ ящика, всѣ въ одну сторону тонкими концами, такъ что тонкій конецъ каждаго соприкасается съ толстымъ концомъ другаго; а въ другомъ ящикѣ соотвѣтствующемъ обыкновенному желѣзу или обыкновенной стали) яйца положены какъ попало, лежатъ одно относительно другихъ во-всевозможныхъ направленіяхъ и подъ всяческими углами наклоненія къ бокамъ ящика. — Есть другая, совершенно различная отъ этой, физическая теорія магнетизма; о ней мы будемъ говорить послѣ. А теперь пока замѣтимъ, что магнетизмъ желѣза и стали всегда очень уменьшается, иногда

ЭР01685

совершенно уничтожается при измѣненіи молекулярнаго состоянія намагниченныхъ кусковъ. Это можно сдѣлать, подвергнувъ намагниченный прутъ механическому скручиванію, вообще какому нибудь изгибанію, или нагрѣвъ его; при температурѣ вишнево-краснаго каленія магнетизмъ совершенно исчезаетъ. Вліяніе температуры на магнетизмъ хорошо видно на марганцѣ, который намагничивается лишь охлажденный ниже нуля по Фаренгейту *).



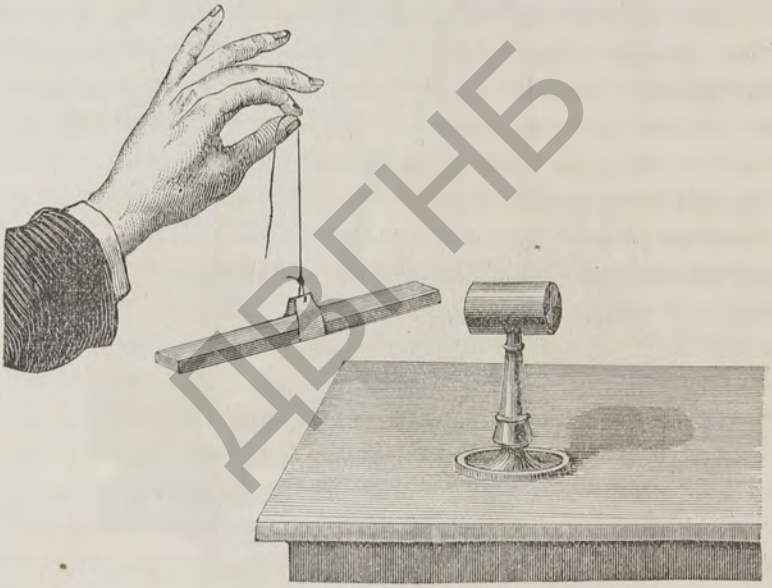
Фиг. 47.

Если магнитную стальную полосу, то есть намагниченный прямой кусокъ стали, подвергнемъ внимательному изслѣдованію, приближая то одну, то другую часть этой полосы къ маленькому гвоздю, висящему на длинной ниткѣ

*) Ниже —17.778 по стоградусному термометру.

ЭР01685

(фигура 47), то найдемъ, что притягательная сила ея имѣетъ наибольшую величину на ея концахъ, такъ называемыхъ полюсахъ ея. Если которой нибудь изъ полюсовъ всунемъ въ кучу мелкихъ гвоздей и вынемъ назадъ, то увидимъ, что многіе изъ нихъ прильнули къ магниту, а къ этимъ прильнули другіе, такъ что можно такимъ образомъ вытащить изъ кучи цѣлую веревку ихъ. Но если удалимъ отъ магнита тѣ гвозди, которые касаются самого магнита, притяженіе другихъ гвоз-



Фиг. 48.

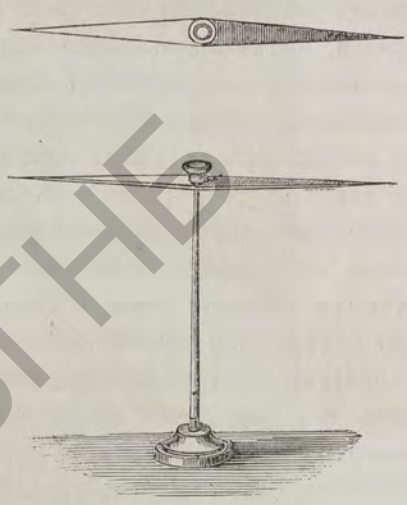
дей другъ къ другу мгновенно исчезаетъ. Это показываетъ, что магнитъ способенъ на время возбуждать индукціею магнетизмъ въ кускахъ желѣза, подобно тому, какъ электрическія тѣла возбуждаютъ индуктивное электричество. Сила притяженія между магнитомъ и желѣзомъ сила взаимная:

ДВГНБ

ЭР01685

если магнитъ, имѣющій свободу движенія, приблизимъ къ неподвижно прикрѣпленному куску желѣза, этотъ кусокъ притянетъ его (фигура 48).

Мы говорили, что намагниченная полоса стали, свободно повѣшанная срединою своей длины въ петлѣ шнура или на остромъ концѣ подставки, принимаетъ опредѣленное направленіе. Если приблизить другой стальной магнитъ къ одному изъ концовъ этой полосы, напримѣръ, къ тому, который обращенъ на сѣверъ одинъ конецъ втораго магнита окажется дѣйствующимъ на сѣверный конецъ висящей полосы прямо противоположно тому, какъ будетъ дѣйствовать другой; внимательно разсмотрѣвъ эти явленія, мы увидимъ, что когда мы приближаемъ другъ къ другу два одинаковые полюса (то есть, полюсы, оба направляющіеся къ сѣверу, или оба направляющіеся къ югу), то они стремятся оттолкнуть другъ друга; а противоположные полюсы притягиваютъ другъ друга. Эти явленія имѣютъ чрезвычайную важность для теоріи динамической машины, въ дѣлѣ превращенія механической работы въ электричество и наоборотъ. Когда сила этихъ притяженій и отталкиваній велика, энергія, возбуждаемая ими, громадна. — Если раздробить магнитъ на самые мельчайшіе куски, каждый кусокъ будетъ имѣть на противоположныхъ концахъ противоположныя свойства, или, какъ это на-



Фиг. 49.

ЛВГНБ

ЭР01685

зываютъ, будетъ одаренъ полярностью. Въ явленіяхъ магнетическаго притяженія и отталкиванія внимательный читатель замѣтитъ новую аналогію съ соотвѣтствующими качествами электричества.

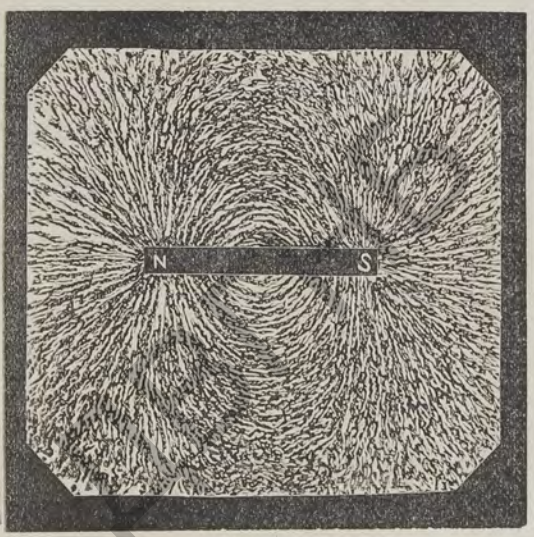
Свойство магнитной иглы указывать на сѣверъ (фигура 49) всѣмъ извѣстно и служитъ пособіемъ въ мореплаваніи болѣе 2,000 лѣтъ. Морской компасъ—это магнитная стрѣлка, уравновѣшенная на подпоркѣ; на стрѣлку положенъ кружокъ бумаги, на которомъ начерчены дѣленія круга «румбы»; все это вмѣстѣ помѣщается въ ящикѣ, который виситъ въ двухъ кольцахъ; свободно качающихся, такъ что положеніе ящика не измѣняется отъ качки корабля. Пользоваться компасомъ не такое простое дѣло, какъ можетъ казаться. Во первыхъ, на компасъ дѣйствуетъ желѣзо, изъ котораго теперь строятся почти всѣ корабли, и которое часто находится въ грузѣ; во вторыхъ, внимательныя и точныя наблюденія показываютъ, что направленіе самой стрѣлки постоянно подвергается измѣненіямъ. Оно нѣсколько измѣняется сообразно съ временемъ дня; оно очень неодинаково на разныхъ мѣстахъ поповерхности земнаго шара; и въ каждой оно измѣняется съ теченіемъ лѣтъ и вѣковъ. Эти разныя перемѣны, точно такъ же какъ и основное свойство магнита направляться концами къ сѣверу и къ югу, объясняются лучше всего мыслью, что весь земной шаръ — огромный магнитъ, магнетизмъ котораго постоянно измѣняется въ разныхъ частяхъ его.

Ученіе о магнетизмѣ земнаго шара очень обширно, и относящіеся къ нему факты служатъ предметомъ непрерывнаго наблюденія на обсерваторіяхъ; но планъ книги не позволяетъ намъ вдаваться въ подробности. Замѣтимъ лишь тотъ интересный фактъ, что постоянныя измѣненія земнаго магнетизма имѣютъ какую-то связь съ тѣми періодическими перемѣнами въ атсмосферѣ солнца, которыя проявляются солнечными пятнами;

ЭР01685

имѣютъ также связь съ феноменомъ сѣвернаго сіянія и съ другими явленіями.

Разсмотримъ теперь, по какимъ направленіямъ идутъ отъ магнита линіи его дѣйствія. Лучшій способъ изучать ихъ представляютъ магнетическія поля, какъ назвалъ это Фэрэдэ. Магнетическое поле — та часть пространства, въ которой



Фиг. 50.

замѣтно дѣйствіе магнита. Положимъ на магнитъ карту или кусокъ жесткой бумаги и просѣемъ надъ нимъ сквозь сито очень мелкіе желѣзные опилки. Они расположатся по опредѣленнымъ направленіямъ, которыя обозначатся очень ясно, если мы слегка постукаемъ по картѣ. Направленія ихъ показываютъ линіи дѣйствія магнитной силы (фигуры 50, 51).

Переходимъ теперь къ связи магнетизма съ электричествомъ. Ее можно въ короткихъ словахъ опредѣлить такъ: *проволока, по которой проходитъ электрическій токъ, дѣй-*

ЭР01685

ствуетъ подобно магниту. На фигурѣ 52 мы видимъ «магнетическіе вихри» окружающіе проволоку, по которой идетъ токъ,—магнетическое поле проволоки.—Прямое слѣдствіе этого свойства электрическаго тока то, что мѣдная проволока, по которой идетъ онъ, притягиваетъ желѣзные опилки; это очень легко увидѣть, сдѣлавъ опытъ, подобный опыту надъ

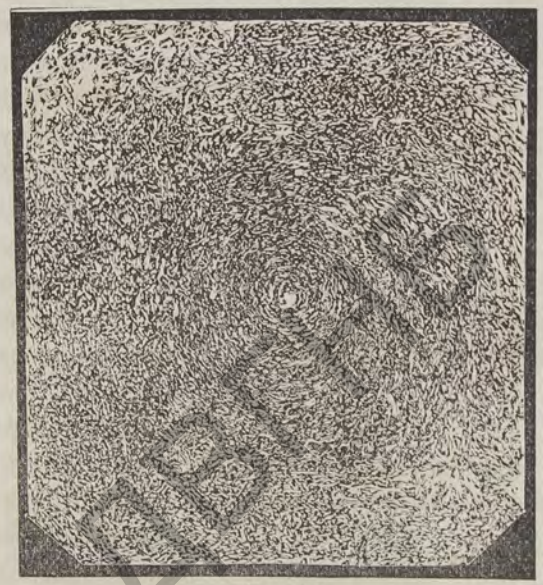


Фиг. 51.

магнитомъ. Если проводящая проволока хорошо уравновѣшена на подпоркѣ (фигура 53), подобно магнитной стрѣлкѣ, такъ что имѣетъ свободу вращенія, полюсы магнита будутъ притягивать и отталкивать ее, сообразно направленію идущаго по ней тока. Если двѣ такія проволоки приближать одну къ другой, будутъ повторяться всѣ тѣ явленія притяженія и отталкиванія, какія производятся двумя магнитами. Фигура 54 показываетъ вліяніе направленія тока на эти явленія: параллельные токи, идущіе въ *одномъ* направленіи

ЭР01685

притягиваютъ, а идущіе по *противоположнымъ* направленіямъ *отталкиваютъ* другъ друга. Наконецъ: если длинный пустой внутри спиральный свертокъ изолированной проволоки (называющійся на техническомъ языкѣ соленоидомъ) привѣсимъ такъ, чтобъ онъ имѣлъ свободу вращенія, и про-



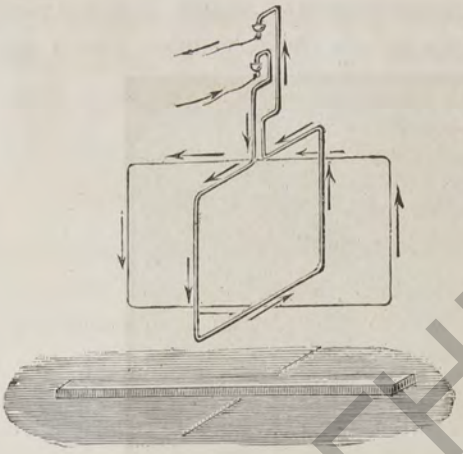
Фиг. 52.

ведемъ по его проволокѣ токъ, онъ будетъ проявлять свойства магнитной стрѣлки и направится концами къ сѣверу и къ югу. На этихъ фактахъ Амперъ построилъ теорію магнетизма, по которой предполагается, что около частичекъ намагниченнаго тѣла постоянно вращаются въ одномъ и томъ же направленіи электрическіе токи (фигура 55), и что магнетизмъ производится ими.

Вліяніе электрическаго тока на магнитную стрѣлку было открыто въ 1820 году Эрстедомъ, нашедшимъ, что если положимъ не перегибающуюся проволоку параллельно повѣшен-

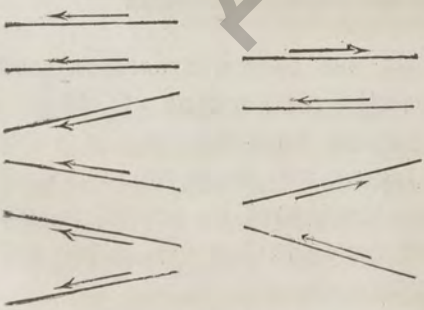
ЭР01685

ной на стержнѣ стрѣлки, то при прохожденіи тока по проволокѣ стрѣлка стремится повернуться перпендикулярно къ ней (фиг. 56). Надобно кстати сказать: это былъ первый замѣченный случай того, что механическое движеніе производится движущимъ электричествомъ. Въ какую сторону повертывается стрѣлка, зависитъ отъ направленія тока въ проволокѣ и отъ положенія проволоки относительно пунктовъ, къ которымъ обращены полюсы магнита. Это опредѣляется правиломъ Ампера, которое подробно объясняется въ популярныхъ трактатахъ о физикѣ.



Фиг. 53.

Дѣйствіе слабаго тока можно очень много усилить, проведя изолированную проволоку нѣсколько разъ кругомъ стрѣлки; токъ будетъ тогда проходить надъ нею въ одномъ направленіи, а подъ нею въ противоположномъ (фиг. 57); еще больше чувствительности къ току получитъ снарядъ, когда мы повѣсимъ на одной оси двѣ стрѣлки, давъ полюсамъ одной a, b, направленіе противоположное полюсамъ другой,

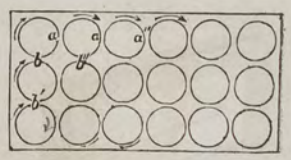


Фиг. 54.

ДВГНБ

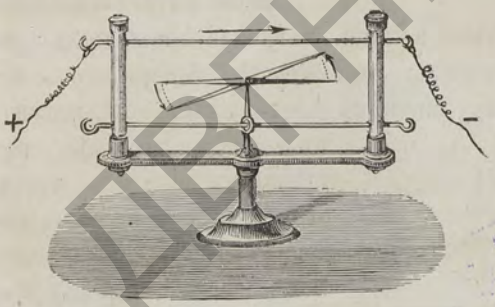
ЭР01685

a', b' (фигура 58). Если стрѣлки равны по магнетичной силѣ, онѣ будутъ «астатичны», то есть: вліяніе магнетизма земли будетъ безсильно надъ снарядомъ, составленнымъ изъ нихъ, онъ не будетъ имѣть стремленія ни къ какому опредѣленному направленію и тѣмъ чувствительнѣе будетъ къ электрическимъ токамъ.



Фиг. 55.

Принципъ дѣйствія тока на магнитную стрѣлку — основаніе, на которомъ построены гальванометры (фигура 59), инструменты, предназначенные къ обнаруженію существованія электрическихъ токовъ и, при нѣкоторыхъ



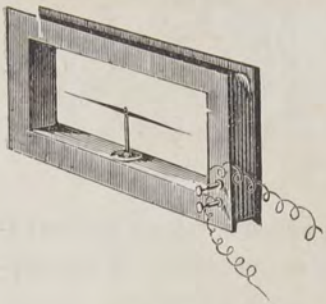
Фиг. 56.

ДВГНБ
БИБЛІОТЕКА К. ДЕРЯГИНОЙ

приспособленіяхъ, измѣряющіе силу ихъ. На этомъ же принципѣ основана одна изъ формъ электрическаго телеграфа, телеграфъ съ одною стрѣлкою, въ которомъ буквы обозначаются отклоненіями стрѣлки влѣво и вправо по циферблату, помѣщенному надъ спиралями проволоки. Эти отклоненія производятся тѣмъ, что со станціи, отправляющей депешу, токъ посылается въ двухъ разныхъ направленіяхъ посредствомъ механическаго дѣйствія пружинъ, приводимыхъ въ движеніе

ЭР01685

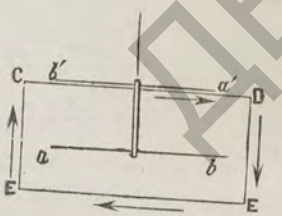
рукояткою. Это былъ первый телеграфъ, пригодный для практической жизни; онъ еще и теперь остается въ большомъ употребленіи на линіяхъ Британскаго Почтоваго управленія. На линіяхъ желѣзныхъ дорогъ, для которыхъ онъ особенно удобенъ, дѣйствуетъ около 16,000 этихъ снарядовъ.



Фиг. 57.

Нѣтъ ни одной буквы, обозначеніе которой по этой системѣ требовало бы больше четырехъ движеній стрѣлки. Опытный телеграфистъ можетъ передавать этимъ способомъ отъ тридцати до тридцати пяти словъ въ минуту.

Мы видѣли вліяніе магнетическаго поля электрическаго тока на магнитъ; разсмотримъ теперь его дѣйствіе на мягкое желѣзо. Магнитъ возбуждаетъ индукціею магнетизмъ въ мягкомъ желѣзѣ; этотъ фактъ заставляетъ ожидать, что и движущееся электричество имѣетъ такое же дѣйствіе; опытъ оправдываетъ ожиданіе. Вскорѣ послѣ открытія Эрстеда, Стордженъ (Sturgeon) нашелъ, что мягкое желѣзо, помѣщенное въ спираль проволоки, по которой проходитъ электрическій токъ, получаетъ индукціею отъ этого «поля» магнетизмъ, но лишь временнымъ образомъ, и съ прекращеніемъ тока теряетъ свои магнетическіе свойства.



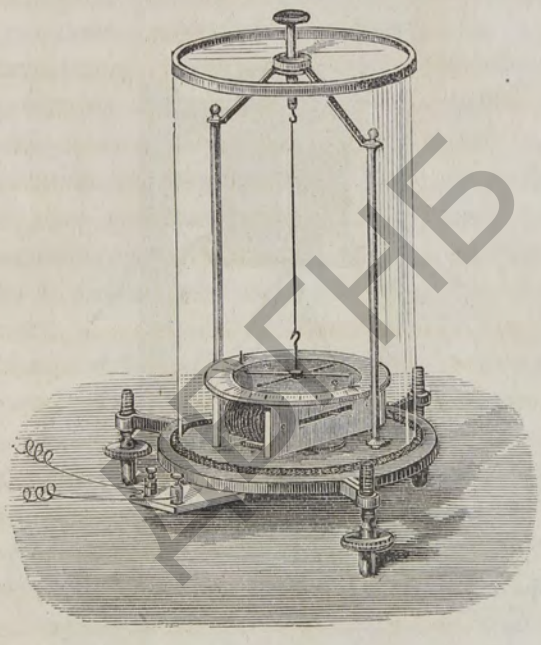
Фиг. 58.

Но сталь, подвергнутая дѣйствію тока, получаетъ свойства магнита навсегда, хотя сила ихъ въ ней меньше, чѣмъ въ желѣзѣ. Такъ называемые электро-магниты при одинаковомъ вѣсѣ гораздо сильнѣе постоянныхъ стальныхъ магни-

ДВГНБ

ЭР01685

товъ (фигура 60). Чрезвычайно замѣчательна быстрота, съ какою мягкое желѣзо получаетъ и теряетъ свойства магнита. Обыкновенный электрическій звонокъ, находящійся нынѣ въ такомъ большомъ употребленіи, служитъ акустиче-



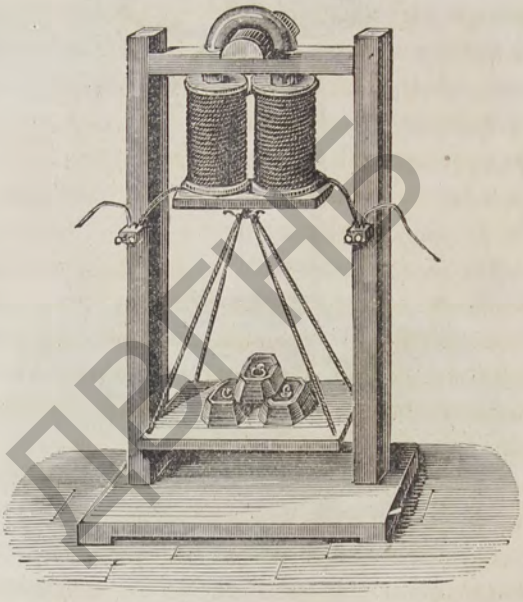
Фиг. 59.

скимъ свидѣтельствомъ тому: при каждомъ ударѣ вибрирующаго молоточка о колоколъ, въ электро-магнитѣ возбуждается и исчезаетъ магнетизмъ. Въ нѣкоторыхъ динамическихъ машинахъ эти смѣны происходятъ по нѣскольку сотъ разъ въ минуту.

Практическія приложенія индукціи магнетизма электричествомъ очень многочисленны, и число ихъ съ каждымъ

ЭР01685

днемъ возрастаетъ. Прекрасно выработанные системы извѣщеній о пожарахъ, дѣйствующія въ американскихъ городахъ ужь четверть столѣтія, и только теперь начинающія быть вводимыми въ Англіи, состоятъ почти исключительно изъ аппаратовъ, дающихъ сигналы электро-магнетическимъ спо-



Фиг. 60.

собомъ. Въ Бостонѣ каждый можетъ послать извѣщеніе о пожарѣ, повернувъ къ низу ручку одного изъ очень многочисленныхъ ящиковъ на улицахъ, и безъ дальнѣйшаго человѣческаго участія механизмъ, дѣйствующій автоматически, бьетъ на колокольняхъ по всему городу число ударовъ, соотвѣтствующее нумеру округа, изъ котораго сообщено извѣ-

ЭР01685

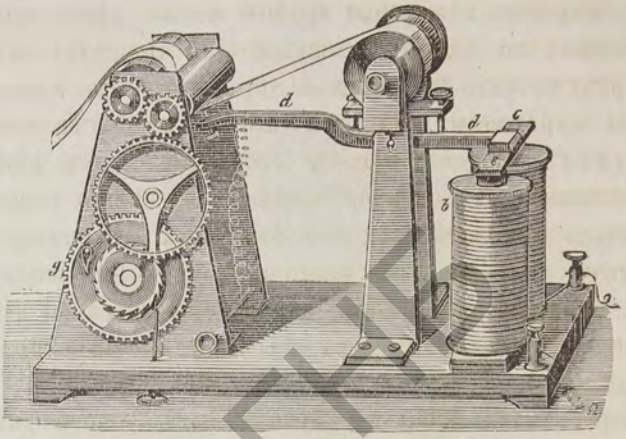
стіе. Такъ превосходно устроена пожарная часть не только въ Бостонѣ, но и почти во всѣхъ большихъ городахъ Союза; электро-магнитные аппараты такъ помогаютъ этому, что авторъ видѣлъ: лошади, бывшія вовсе безъ сбруи, ужъ скакали съ паровою пожарною трубою менѣе чѣмъ черезъ десять секундъ по полученіи извѣщенія. Посредствомъ очень умно придуманнаго соединенія термометра съ электро-магнитными аппаратами, пожары автоматическимъ способомъ даютъ сами извѣщеніе о себѣ. Этотъ механизмъ дѣйствуетъ такъ успѣшно, что страховое общество нашло возможнымъ значительно понизить свои тарифы. Такіе же аппараты употребляются для охраненія банковъ и частныхъ жилищъ отъ воровъ, для повѣрки часовъ, для автоматическаго записыванія фактовъ и для множества болѣе или менѣе подобныхъ этимъ дѣлъ *).

Употребительнѣйшая на сухопутныхъ телеграфныхъ линіяхъ система сигналовъ основана на притяженіи желѣзнаго бруска электромагнитомъ, который получаетъ токъ со станціи, посылающей депешу. Опишемъ сначала аппаратъ прежней системы, Морзовъ аппаратъ. На континентѣ дѣйствуетъ еще около 40.000 этихъ снарядовъ. Въ Морзовомъ аппаратѣ (фигура 61) брусокъ c, c, прикрѣпленъ къ концу рычага d, d; на другомъ концѣ рычага находится карандашъ или перо, подъ которымъ часовой механизмъ протаскиваетъ полоску бумаги. Притяженіе бруска электромагнитомъ b, b, надавливаетъ перо на бумагу и перо дѣлаетъ на ней знакъ,

*) Въ числѣ разныхъ практическихъ измѣненій электромагнетизма, о которыхъ говорилось на ланкастерскихъ лекціяхъ, я упоминалъ объ очень разумномъ электрическомъ аппаратѣ для перерывовъ движенія въ станкахъ на одной изъ бумагопрядильныхъ фабрикъ; дѣйствіе этого аппарата основано на изолирующихъ качествахъ хлопка. Онъ изобрѣтенъ мистеромъ Джономъ Булло (Bullough) въ Эккрингтонѣ.

ЭР01685

длина котораго опредѣляется тѣмъ, сколько времени длится токъ. Въ алфавитѣ Морза употребляются только два знака, точка и тире; изъ сочетанія ихъ образуются знаки буквъ;



Фиг. 61.

ни для одной буквы не нужно болѣе четырехъ знаковъ, и чѣмъ чаще употребляется буква, тѣмъ проще ея обозначеніе; напримѣръ:

M	A	G	H	E	T
— —	· —	— — ·	— ·	·	—

И такъ, Морзовъ аппаратъ даетъ знаки для зрѣнія, и они остаются цѣлы, пока цѣла бумага, исчерченная ими. Въ Англіи и въ Америкѣ въ послѣдніе четырнадцать лѣтъ вошелъ въ большое употребленіе снарядъ другой системы, аппаратъ Соундера; онъ только сообщаетъ депешу, не записывая ея. Промежутокъ времени между двумя притяженіями бруска, изъ которыхъ каждое даетъ звучный ударъ, бываетъ долгій или короткій, какъ въ музыкѣ есть длинныя и есть короткія ноты; долгій и короткій интервалы соотвѣтствуютъ точкѣ

ДВГГР

ЭР01685

и тире алфавита Морза. Это знаки для слуха, слѣда отъ нихъ не остается; но разъ выучившись алфавиту, легко помнить его.

Подводные телеграфные канаты состоятъ изъ мѣдной проволоки, проводящей токъ, плотно и аккуратно одѣтой гуттаперчею, которая дѣлаетъ ее изолированною; поверхъ гуттаперчи идетъ наружная одежда, сдѣланная изъ пеньки и стальной проволоки. По одной системѣ устройства аппаратовъ, проволока передаетъ сигналы очень чувствительному гальванометру, къ стрѣлкѣ котораго прикрѣплено маленькое зеркало; на это зеркало падаетъ лучъ свѣта и движенія стрѣлки распознаются по колебаніямъ свѣтлаго пятнушка, отражаемаго зеркаломъ; по другой системѣ, сигналы передаются очень нѣжному инструменту, называющемуся Томсоновымъ сифоннымъ рикордеромъ. Теперь дѣйствуетъ 80.000 миль подводныхъ канатовъ; устройство ихъ обошлось въ 30.000.000 фунтовъ. Двадцать девять пароходовъ заняты проложеніемъ, охраною и починкою этихъ канатовъ, изъ которыхъ девять проложены черезъ Атлантическій океанъ; послѣдній изъ этихъ девяти проложенъ въ двѣнадцать дней, безъ всякой порчи или задержки. Со времени покупки британскимъ правительствомъ телеграфическихъ линій въ предѣлахъ собственно Британскихъ острововъ (1870), среднее число депешъ въ недѣлю возросло въ 126.000 до 603.000; депеши для газетъ возросли съ 5.000 словъ въ день почти до 1.000.000. По отчету Генералъ-Почмейстера, пониженіе тарифа до шести пенсовъ за краткія депеши дѣлаетъ надобнымъ прибавить 15.000 миль проволоки къ тому количеству, какое дѣйствуетъ теперь на телеграфахъ Британскихъ острововъ.

Мы видѣли какъ магнетизмъ можетъ возбуждаться электричествомъ; займемся теперь обратнымъ процессомъ, развитіемъ электричества изъ магнетизма, на этомъ преобразованіи основываются всѣ способы обращенія механической энер-

ЭР01685

гіи въ электрическую. Превращеніе магнетизма въ электричество открытіе величайшей важности, было сдѣлано Фэрэдэ въ октябрѣ 1831 года, въ то время какъ онъ спокойно производилъ опыты въ своей лабораторіи въ лондонскомъ королевскомъ институтѣ, единственно съ цѣлями научной истины, безо всякой мысли о томъ, что получаемые имъ результаты могутъ имѣть какія нибудь практическія послѣдствія. Вотъ описаніе этого открытія его собственными словами:

«Цилиндрическій магнитъ имѣвшій три четверти дюйма въ діаметрѣ и восемь съ половиною дюймовъ въ длину, былъ вставленъ однимъ концомъ въ отверстіе цилиндрической спирали (проволока спирали была

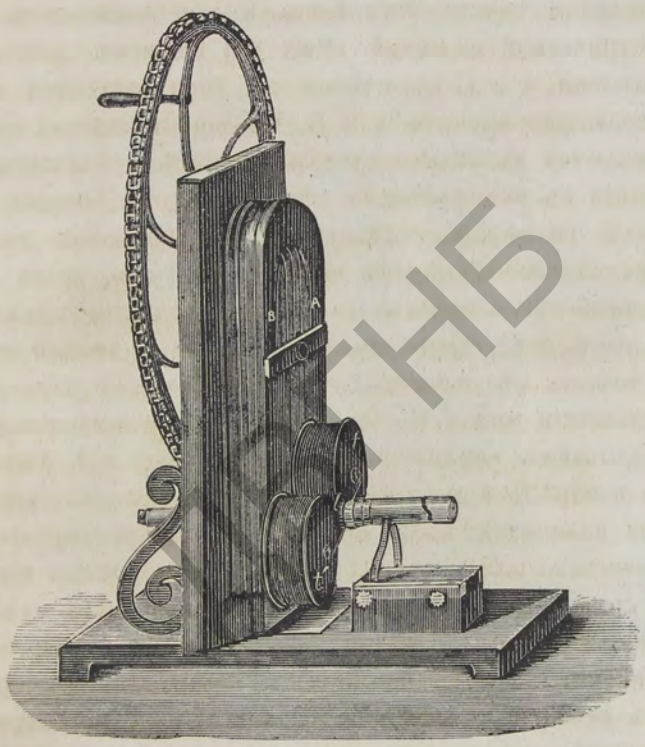


Фиг. 62.

въ 220 футовъ длиною); въ ея отверстіе былъ опущенъ лишь самый край конца магнита, и вдругъ, магнитъ былъ втянутъ въ спираль насквозь черезъ всю длину ея; стрѣлка *гальванометра* передвинулась; потомъ магнитъ былъ быстро вынутъ изъ спирали, *стрѣлка* опять *передвинулась*, но въ обратномъ направленіи. Это явленіе повторялось каждый разъ, когда магнитъ былъ опускаемъ въ спираль и вынимаемъ изъ нея; потому волна элек-

ЭР01685

тричества производилась *только приближеніемъ магнита*, но не тѣмъ или другимъ его положеніемъ». Рис. 62 показываетъ этотъ основной, чрезвычайно важный опытъ. Концы изолированной проволоки, свернутой въ спираль, соединены съ



Фиг. 63.

гальванометромъ, опусканіе магнита во внутреннюю полость спирали и удаленіе его, т. е. передвиженіе магнетическаго поля близь проводящей токъ проволоки (или обратно: передвиженіе проводника близь магнита) производитъ въ немъ на мгновеніе электрическій токъ. Потому очевидно, что бы-

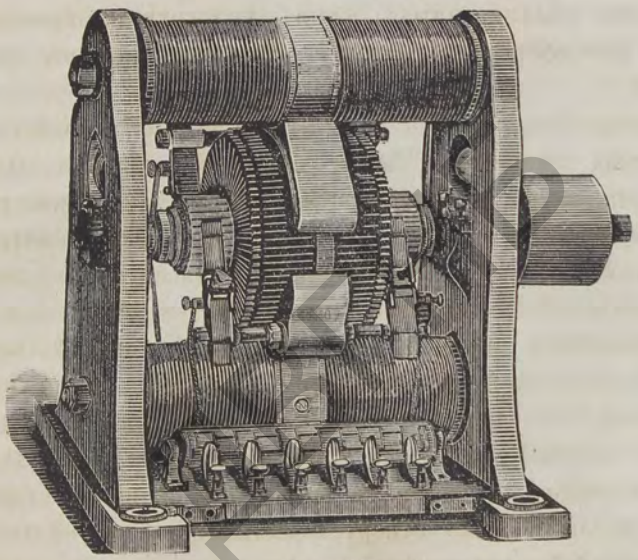
ЭР01685

стрыя колебанія магнита должны возбуждать въ проволокѣ быструю послѣдовательность токовъ попеременно противуположнаго направленія. Подобныя же, но болѣе сильные дѣйствія производятся быстрымъ вращеніемъ катушекъ проволоки передъ полюсами постояннаго подковообразнаго магнита. Аппаратъ такого устройства многіе называютъ магнито-электрической машиной. (Рис. 63) Въ немъ двѣ катушки проволоки, t и t' вращаются на горизонтальной оси f передъ полюсами магнита A и B. Небольшія машины такого рода продаются въ оптическихъ магазинахъ и служатъ для электризаціи съ медицинскими цѣлями. Первая машина значительныхъ размѣровъ, сдѣланная для обращенія такимъ путемъ механической энергіи въ электрическую, была простымъ повтореніемъ описаннаго нами снаряда и одна изъ машинъ этого рода, приводимая въ движеніе паровой машиной, въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ служила для электрическаго освѣщенія маяка на берегу Кента. Вращающіяся катушки называютъ «арматурой». Въ 1857 году сэръ Уильямъ Сименсъ изобрѣлъ арматуру особенной формы, въ которой проволока навернута вдоль оси вращенія, для образованія «магнетическаго поля», расположеннаго по сторонамъ вращающейся арматуры. Слѣдующій шагъ впередъ былъ сдѣланъ мистеромъ Уайльдомъ (Wilde) который сталъ употреблять электро-магниты, возбуждаемые къ дѣйствію токомъ, производимымъ небольшою вспомогательною магнито-электрическою машиною; они какъ мы видѣли, при одномъ вѣсѣ съ постоянными стальными магнитами, дѣйствуютъ несравненно сильнѣе.

Своей настоящей формой динамическая машина обязана указанію сдѣланному одновременно и независимо другъ отъ друга (1867) сэромъ Уильямомъ Сименсомъ и сэромъ Чарльсомъ Гуптстономъ (Whitston). Она не нуждается ни въ какомъ

ЭР01685

внѣшнемъ источникѣ электричества, для поддерживанія тока въ электро-магнитѣ. Онъ вызывается или общею энергіею тока; производимаго вращеніемъ арматуры или частью этого тока приборъ устроенъ такъ, что спирали проволоки въ арматурѣ и около большихъ электро-магнитовъ составляютъ одинъ непрерывный кругъ тока (фигура 64). Вспомнимъ, что



Фиг. 64.

всякое желѣзо, болѣе или менѣе магнетично и что значительная доля этой энергіи производится вліяніемъ земного магнетизма. Когда арматура начинаетъ вращаться, этотъ магнетизмъ существующій въ самомъ желѣзѣ электро-магнитовъ возбуждаетъ въ ней путемъ индукціи слабые токи. Они начинаютъ циркулировать вокругъ электро-магнитовъ, очень много усиливая ихъ дѣйствіе, электро-магниты, въ свою очередь дѣйствуютъ на арматуру, возбуждая въ ея

ЭР01685

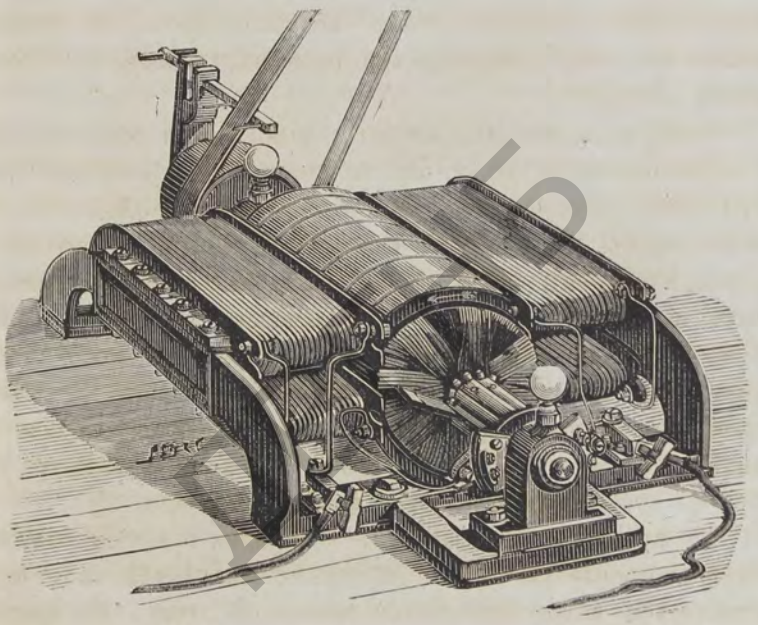
спиралях болѣе сильные токи, и вращать арматуру становится все труднѣе. Черезъ нѣсколько секундъ машина достигаетъ полной своей силы и механическая энергія, приложенная къ одному ея концу, можетъ быть получаема изъ другаго въ формѣ электрической энергіи. Степень быстроты вращенія, наиболѣе выгодная для арматуры, опредѣляется тѣмъ, какую форму устройства имѣетъ машина и въ машинахъ обыкновенныхъ формъ конструкціи простирается отъ 600 оборотовъ въ минуту, до скорости въ четверо большей.

Таковы принципы на которыхъ основано устройство динамической машины, и почти безполезно прибавлять, что болѣе или менѣе удовлетворительныя системы конструкціи этихъ машинъ могутъ быть очень разнообразны смотря по характеру работы, для которой предназначается машина. При настоящемъ переходномъ состояніи нашихъ знаній можно положительно сказать, что наилучшій способъ устройства динамической машины, еще не найденъ. Но слѣдуетъ прибавить, что ужь и нынѣшняя динамическая машина дѣйствуетъ несравненно лучше паровой машины. Въ главѣ II было мы говорили, что паровая машина обращаетъ въ работу приблизительно только четвертую часть сообщаемой ей теплоты. При обращеніи механической энергіи въ электрическую посредствомъ динамической машины теряется непроизводительно не три четверти, а только одна седьмая часть употребленной энергіи; другими словами: хорошая динамическая машина возвращаетъ въ формѣ электрической энергіи 85 процентовъ затраченной механической энергіи.

Разные типы динамическихъ машинъ называются обыкновенно по именамъ ихъ изобрѣтателей. Первою удобною для практическаго употребленія была машина Грамма, остающаяся и до сихъ поръ очень употребительною (фигура 64);

ЭР01685

въ ней проволока арматуры навернута на особое кольцо, устройство котораго было за нѣсколько лѣтъ передъ тѣмъ придумалъ Паччинотти. Въ машинѣ Сименса (рисунокъ 65) магниты которыми производятся магнетическія поля, устроены плоскими, связаны якорями, а проволока навернута



Фиг. 65.

на арматуру по длинѣ ея. Въ машинѣ Броша (Brush) проволока навернута нѣсколькими отдѣлами со свободными промежутками, назначенными частью для того, чтобы уменьшать составляющій потерю для дѣйствія машины переходъ энергіи въ теплоту. Въ машинѣ Эдисона магниты, производящіе магнетитическія поля имѣютъ огромную длину, а арматура походитъ на арматуру машины Грамма. Въ машинѣ Фер-

ЭР01685

ранти арматура представляетъ мѣдную ленту, вращающуюся въ очень сильномъ магнетическомъ полѣ. Самая большая до сихъ поръ построенная динамическая машина, машина Гордона, вѣсящая двадцать-двѣ тонны и могущая давать токъ, достаточный для 7,000 или 8,000 лампъ свѣтящихъ черезъ накаливаніе. Она предназначалась исполнять работу небольшаго газоваго завода, чтобы показать насколько дешевле можно получать электричество, если вести процессъ въ большомъ размѣрѣ.

Очень важнымъ основаніемъ классификаціи динамическихъ машинъ служитъ то, даетъ ли машина попеременные токи, т. е. токи идущіе попеременно въ противуположныхъ направленіяхъ, какъ давало колебаніе магнитнаго бруска въ первоначальномъ опытѣ Фэрэдэ, или она даетъ постоянный токъ одного направленія, (это производится посредствомъ коммутаторовъ, перевертывающихъ направленіе половины токовъ). Для многихъ изъ системъ электрическаго освѣщенія выгоднѣе машины перваго рода, экономическая передача механической силы электрическимъ путемъ почти неизбѣжно требуетъ, чтобы машина давала постоянный токъ.

Въ предъидущей главѣ мы говорили, что электрическая энергія производитъ свѣтъ въ томъ только случаѣ, когда представляется какое нибудь сопротивленіе току. Въ системѣ освѣщенія «вольтовой дугой» это сопротивленіе представляютъ два заостренныхъ уголька и тонкій слой воздуха между ними, толщина котораго бываетъ различна, соразмѣрно силѣ тока, но должна оставаться постоянной для одного и того же тока, если хотимъ, чтобы яркость свѣта оставалась постоянною. Прохожденіе тока между концами угольковъ сопровождается перенесеніемъ частичекъ угля съ положительнаго полюса на отрицательный (рис. 66) и такъ какъ концы углей сильно накаляются, то они сгораютъ давая углекислоту (глава III).

ЭР01685

Количество свѣта, происходящее отъ сгоранія угольковъ ничтожно (и самое сгораніе не составляетъ необходимаго



Фиг. 66.

явленія, потому что дуга можетъ быть производима и въ пустотѣ или подъ водою), но сгораніе углей дѣлаетъ необхо-

ЭР01685

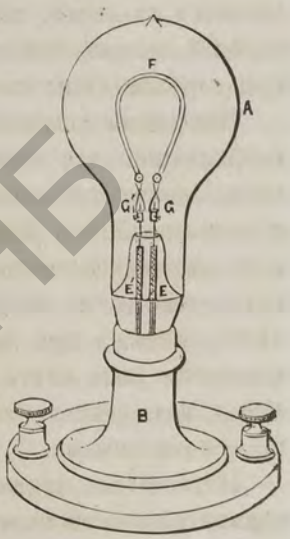
димымъ какое нибудь приспособленіе для того, чтобы сохранять ихъ концы на должномъ разстояніи другъ отъ друга, потому что они постепенно исчезаютъ. Для достиженія этой цѣли придуманы безчисленныя системы лампъ, или регуляторовъ, извѣстныхъ публикѣ. Общій принципъ устройства большинства этихъ приборовъ состоитъ во взаимно уравновѣшивающемся противопоставленіи дѣйствія пружины, стремящейся сближать концы углей, и электро-магнита, стремящагося подъ вліяніемъ того же тока, который проходитъ черезъ угли, удалять ихъ другъ отъ друга. Когда разстояніе между ними увеличивается, сопротивленіе становится сильнѣе, токъ слабѣетъ, слабѣетъ и раздвигающее угольки дѣйствіе электромагнита, дѣйствіе пружины сближаетъ угли, и наоборотъ.

Въ другихъ лампахъ угли сближаются дѣйствіемъ тяжести, а удерживаются они отъ чрезмѣрнаго сближенія тоже дѣйствіемъ электро-магнита. Въ такъ называемыхъ электрическихъ свѣчахъ, въ родѣ свѣчъ Яблочкова, двѣ параллельныя тонкія палочки уже раздѣлены другъ отъ друга фарфоровой глиной или другимъ неплавкимъ изолирующимъ веществомъ. Онѣ всегда находятся на одномъ и томъ же взаимномъ разстояніи, потому здѣсь не нужно никакого механизма, для регулированія разстоянія между ними. Но этими свѣчами можно пользоваться только при динамическихъ машинахъ съ попеременнымъ токомъ.

Въ системѣ освѣщенія черезъ накаливаніе, съ которой почетно соединяются имена Эдисона и Свана (Swan), какъ практическихъ піонеровъ этого дѣла, за которыми послѣдовали позднѣе Максимъ и Лэнъ-Фоксъ, источникъ свѣта представляетъ непрерывная полоска или узкая ленточка изъ угля F, помѣщенная въ стеклянный шаръ A (рис. 67) изъ котораго вытянутъ весь воздухъ. Концы угольной ленточки соединены въ G',G, съ платиновыми проволоками E',E которыя

ЭР01685

вплавлены въ стекло, черезъ которое проходятъ, и служатъ проводниками тока къ угольной ленточкѣ. Если шаръ случайно разобьется—лампа въ ту же секунду гаснетъ сама собой, ничего не зажигая, потому что доступъ воздуха къ углю, раскаленному до бѣла, сжигаетъ его почти мгновенно. Угольныя палочки Свана приготовляются тѣмъ способомъ, что накаливаются до красна, безъ доступа воздуха, узкія ленточки пергаментной бумаги. Угольныя ленточки Эдисона получаются помощью подобной же обработки полосокъ бамбука. Между лампами изобрѣтателей, имена которыхъ мы перечислили, различіе не въ принципѣ устройства, а только въ подробностяхъ. Накаливаніе и свѣтъ во всѣхъ случаяхъ происходятъ отъ сопротивленія представляемаго току полоскою угля. Въ нѣкоторыхъ лампахъ сопротивленіе полосокъ очень заботливо приведено къ опредѣленной величинѣ.



Фиг. 67.

Освѣщеніе вольтовою дугою очень удобно для большихъ общественныхъ зданій, желѣзнодорожныхъ станцій, фабрикъ и большихъ открытыхъ пространствъ, но не годится для обыкновенныхъ комнатъ, потому что слишкомъ сильно, и яркость его нельзя уменьшить далѣе извѣстной границы, не отнимая у него постоянство. Для комнатъ система освѣщенія накаливаніемъ несравненно удобнѣе. Наилучшій примѣръ этого освѣщенія въ настоящее время (1883) находимъ въ лондонскомъ Савойскомъ театрѣ (Savoy Theatre); 1200 лампъ распредѣлены тамъ въ шесть круговъ по 200 лампъ въ каж-

ЭР01685

домъ; 824 изъ нихъ освѣщаютъ сцену. *) Многіе изъ первоклассныхъ транзатлантическихъ пассажирскихъ пароходовъ освѣщаются теперь этимъ способомъ. Безопасность отъ огня, отсутствіе всякихъ вредныхъ продуктовъ горѣнія, въ родѣ углекислоты, и т. д. дѣлаютъ эту систему особенно выгодной для пароходовъ; точно также какъ для библіотекъ, картинныхъ галлерей, также и для магазиновъ серебряныхъ издѣлій, потому что сѣрная и другія кислоты, отдѣляющіяся, при горѣніи газа, сильно портятъ серебро.

Интересна разница въ количествѣ механической энергіи, необходимой для того, чтобы произвести одинаковое количество свѣта при системахъ электрическаго освѣщенія дугою и накаливаніемъ. Дѣйствіе одной лошадиной силы на хорошую динамическую машину, даетъ при системѣ освѣщенія вольтовою дугою силу свѣта, простирающуюся отъ 1000 до 1200 свѣчъ; а при лампахъ системы освѣщенія черезъ накаливаніе сила свѣта равна приблизительно лишь 180 свѣчамъ, поддерживая только 8 или 9 лампъ Свана, силою въ 20 свѣчей каждая.

Недостатокъ мѣста не позволяетъ входить здѣсь въ оцѣнку сравнительной стоимости газоваго и электрическаго освѣщенія, потому что для сравненія ихъ надобно разбирать вопросы

---

*) Интересны статистическія данныя относительно электрическаго освѣщенія на Выставкѣ Рыболовства (оно было устроено на ней съ 26 іюня). Для освѣщенія служили 4000 лампъ системы накаливанія и 300 лампъ системы вольтовой дуги, сила послѣднихъ была отъ 280 до 500 свѣчъ. Количество дѣйствительной (не номинальной) силы освѣщенія, выраженной въ числѣ свѣчъ, было болѣе чѣмъ въ пол-милліона стеариновыхъ свѣчъ. Проволока проводниковъ электричества имѣла двадцать пять миль длины; паровыя машины употребленныя для полученія освѣщенія имѣли въ 1100 индикаторскихъ лошадиныхъ силъ; число машинъ было пятьдесятъ; у каждой динамической машины была своя особая паровая машина.

ЭР01685

о стоимости полученія силы, которая очень измѣнчива; особенно трудна оцѣнка если принимать въ соображеніе запасы природной энергіи, тратящіеся даромъ: водопады, вѣтеръ, приливы. При помощи динамическихъ машинъ и батарей, сохраняющихъ накопляемую въ нихъ энергію (глава III), этими запасами можно теперь пользоватся для полученія электрической энергіи.

Но должно замѣтить фактъ представляющій собою интересный пояснительный примѣръ разнообразныхъ превращеній энергіи: если сжечь данный объемъ газа обыкновеннымъ образомъ и опредѣлить количество и продолжительность свѣта и если затѣмъ равный объемъ того же газа сжечь въ газовой машинѣ Отто, приводящей въ движеніе динамическую машину, соединенную съ лампой системы вольтовой дуги, количество свѣта получаемое во второмъ случаѣ въ семь разъ болѣе, чѣмъ въ первомъ. Это происходитъ въ значительной степени оттого, что въ динамической машинѣ очень мала напрасная растрата энергіи на производство теплоты, а при газовомъ освѣщеніи эта растрата неизбѣжнымъ образомъ громадна.

Вообще можно сказать, что для полученія свѣта одинаковой силы (т. е. равнаго одному и тому же числу свѣчъ) освѣщеніе посредствомъ вальтовой дугой почти при всякихъ условіяхъ практики дешевле чѣмъ газовое. Но нельзя сказать, того же самаго о единственной формѣ электрическаго освѣщенія, удобной для домашняго употребленія, то есть о системѣ освѣщенія черезъ накаливаніе, потому что она для произведенія одинаковой количества свѣта требуетъ по крайней мѣрѣ въ пять разъ болѣе механической энергіи чѣмъ освѣщеніе посредствомъ вольтовой дуги. Отношеніе стоимости электрическаго освѣщенія сравнительно съ газовымъ сообразно различію мѣстныхъ условій неодинаково въ разныхъ горо-

ЭР01685

дахъ, по неодинаковости мѣстныхъ условій, какъ напримѣръ по различію цѣны газа, каменнаго угля и по той разницѣ, есть или нѣтъ въ данной мѣстности сила теченія воды, которой можно воспользоваться для динамической машины, и которая безъ этого употребленія пропадаетъ задаромъ; потому о каждомъ отдѣльномъ случаѣ надобно дѣлать особый разсчетъ. Но вообще слѣдуетъ не забывать при этомъ тѣхъ преимуществъ электрическаго освѣщенія о которыхъ мы говорили выше.

Получивъ теперь ясное представленіе о способѣ превращенія механической энергіи въ электрическую, разсмотримъ обратный процессъ, то есть способъ полученія механической энергіи изъ электрической, или по разговорному выраженію, употребленіе электричества какъ двигательной силы. До недавняго времени, мы умѣли производить электричество только химическимъ потому дорогимъ путемъ (сравнительная стоимость производства электричества химическимъ въ 120 разъ дороже полученія его механическимъ путемъ). Пока было такъ, дѣло обращало на себя мало вниманія со стороны людей практической жизни, хотя люди работавшіе для науки занимались имъ много и придумывали разнообразныя приспособленія для обращенія электричества на механическую работу.

Мы уже сказали, что открытое Эрстедомъ отклоненіе магнитной стрѣлки электрическимъ токомъ, проходящимъ близь нея было первымъ примѣромъ механическаго дѣйствія тока. Открытіе электро-магнита и значительности силы его притяженія дало энергическій толчокъ построенію электро-магнитныхъ машинъ разныхъ системъ; механическое дѣйствіе въ нихъ производилось обыкновенно притяженіемъ куска желѣза попеременно-возбуждаемыми электро-магнитами.

ЭР01685

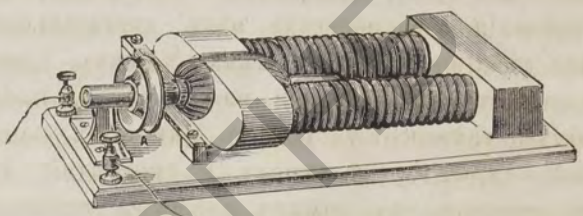
Въ 1839 году Якоби испытывалъ на Невѣ устроенную имъ лодку съ машиной подобнаго рода, имѣвшею около одной лошадиной силы; эта сила была производима батареею въ шестьдесятъ четыре элемента Даніеля значительной величины. Электрическая шлюпка, испытанная недавно на Темзѣ имѣла большое преимущество надъ этой лодкой относительно стоимости полученія силы, потому-что электричество для нея получалось посредствомъ динамической машины и сохранялось до употребленія помощью вторичныхъ батарей.

Въ настоящее время превращеніе энергіи, необходимое для употребленія электричества какъ двигательной силы исполняется дѣйствіемъ динамическихъ машинъ. Одинъ изъ самыхъ проницательныхъ людей нашего вѣка, профессоръ Кембриджскаго университета Клеркъ Максуелль, на вопросъ, —какое изъ открытій, сдѣланныхъ въ послѣднія двадцать пять лѣтъ, считаетъ онъ самымъ важнымъ, отвѣчалъ: «то открытіе, что машина Грамма можетъ дѣйствовать въ обратномъ направленіи», то есть, другими словами, тотъ фактъ, что динамическая машина можетъ превращать и электричество въ механическую энергію, какъ превращаетъ механическую энергію въ электричество. (Максуэлль употребилъ выраженіе «машина Грамма», потому что въ то время это была наиболѣе извѣстная динамическая машина). Если дѣйствовать на нее механическою энергіею она производитъ электрическую, *а если дѣйствуетъ на нее электрическая энергія она производитъ механическую.*

Это принципъ на которомъ основываются всѣ способы употребленія электричества какъ двигательной силы и передачи силы помощью электричества на разстоянія. Для того, чтобы привести машину въ движеніе посредствомъ электрическаго тока необходимо помѣстить между концами проводящей проволоки

ЭР01685

и приводимымъ въ движеніе блокомъ машины небольшую динамическую машину, работающую въ обратномъ направленіи (т. е. дающую механическую энергію). Эти небольшія машины называются обыкновенно электрическими двигателями, но должно твердо знать, что машину, производящую электричество, можно употреблять и какъ двигатель. Сильная центральная машина, производящая электричество (генераторъ), можетъ снабжать и въ настоящее время въ Нью-Іоркѣ дѣйствительно снабжаетъ электрическою энергіею множество небольшихъ двигателей (фигура 68) соединенныхъ съ



Фиг. 68.

нею проволоками, и каждый изъ нихъ можетъ приводить въ движеніе отдѣльную машину. Это такъ и сдѣлано практически на фермѣ сэра Уильяма Сименса: лѣсопильная мельница, цѣлый рядъ насосовъ, соломорѣзка и другія машины въ разныхъ частяхъ фермы, приводятся въ движеніе и управляются динамическою и центральною паровою машиною. Если разсчитать сравнительную стоимость работы большихъ и маленькихъ паровыхъ машинъ, этотъ способъ «распредѣленія рабочей силы» помощью электричества окажется очень выгоднымъ. Именно въ этомъ смыслѣ покойный докторъ Споттисвудъ (Spottiswoode), бывшій президентъ Королевскаго Общества, выражалъ надежду, что «вскорѣ электричество окажется другомъ бѣдныхъ людей», давая воз-

ЭР01685

можность проводить къ самымъ дверямъ ихъ жилищъ небольшія количества двигательной силы для фабричной работы вмѣсто того, что теперь онъ принужденъ ходить на фабрику». Механическая энергія, переносимая посредствомъ электричества возитъ вагоны на электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ, городскихъ и загородныхъ; энергія, движущая вагоны, получается изъ находящихся при поѣздѣ аккумуляторовъ, заряженныхъ помощью динамической машины или передается по проволокѣ или электрическому канату, съ которымъ движущійся вагонъ непрерывно имѣетъ «катящееся соприкосновеніе» *). На Парижской электрической выставкѣ 1881 года были машины, производившія силою электричества всяческія механическія работы, даже сверленіе скалъ. На мюнхенской электрической выставкѣ 1882 года доставлялось въ зданіе выставки изъ водопадовъ, находящихся въ пяти миляхъ отъ него, количество энергіи, равное двѣнадцати лошадинымъ силамъ; у водопадовъ стояли динамическія машины, приводимыя въ движеніе большими тюрбинами (тюрбины очень удобны для этого дѣла по быстротѣ своего вращенія). Но должно помнить, что электричество, превращаемое машинами въ механическую работу, само производится превращеніемъ механической энергіи въ электрическую.

*) Спеціальное преимущество электрическихъ желѣзныхъ дорогъ состоитъ вообще въ томъ, что вѣсъ электрическаго двигателя очень незначителенъ сравнительно съ вѣсомъ пароваго локомотива. Громадность вѣса локомотива принуждаетъ дѣлать мосты и насыпи вдвое, втрое массивнѣе того, чѣмъ было бы достаточно, если-бъ они должны были выдерживать тяжесть только самого поѣзда, безъ локомотива. На подземныхъ дорогахъ, вентиляція которыхъ слаба, въ длинныхъ тоннеляхъ и тому подобныхъ обстоятельствахъ, электрическій двигатель имѣетъ и другое преимущество: онъ не производитъ вредныхъ продуктовъ, какіе производитъ сожиганіе топлива въ паровой машинѣ.

ЭР01685

Передача силы на далекія разстоянія электрическимъ токомъ представляетъ также средство, при помощи вспомогательныхъ баттарей или безъ нихъ, воспользоваться источниками природной энергіи до сихъ поръ пропадавшей задаромъ. Только въ этомъ ограниченномъ смыслѣ электричество можно считать за новую силу, или за «силу грядущихъ временъ» какъ его часто называютъ, и только въ этомъ смыслѣ его можно считать *прибавленіемъ* къ тѣмъ силамъ труда, какими ужь давно располагаетъ человѣкъ.

Приведемъ примѣръ этой расточающейся даромъ энергіи. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ проведенъ Северномъ тоннель, въ десяти миляхъ отъ Бристоля, рѣка имѣетъ въ ширину двѣ съ половиною мили, а средняя высота прилива пятьдесятъ футовъ. Если считать, что средняя скорость теченія прилива и отлива черезъ это мѣсто только одна миля въ часъ (а это разумѣется слишкомъ мало), можно было бы, воспользовавшись ей, получить 100,000 лошадиныхъ силъ. Рыночная цѣна такой силы въ настоящее время составляетъ около 1.000,000 фунтовъ стерлинговъ въ годъ. Постройка, хотя и обширныхъ, инженерныхъ сооруженій, надобныхъ для полученія работы отъ этихъ теченій, очень проста, а дѣйствіе ихъ можно сдѣлать непрерывнымъ и независимымъ отъ высоты прилива, не употребляя электрическихъ аккумуляторовъ.

Водопады, представляютъ, прекрасный примѣръ того, какую пользу, можно извлечь изъ энергіи, теряющейся до сихъ поръ даромъ. Ихъ силу мы можемъ теперь передавать помощью электричества въ отдаленные города, гдѣ она можетъ служить для освященія или для механической работы. Сэръ Уильямъ Томсонъ въ своей рѣчи въ собраніи Британскаго общества содѣйствія успѣхамъ науки, въ 1881 году, говорилъ, что мѣдная проволока діаметромъ въ полдюйма, заряжаемая отъ Ніагарскаго водопада энергіею ровною 26,250

ЭР01685

лошадинымъ силамъ, передастъ на разстояніе 300 миль (большемъ чѣмъ разстояніе между водопадомъ и Нью-Іоркомъ, Бостаномъ, Монреалемъ или Филадельфіею) энергію равную 21,000 лошадинымъ силамъ. Цѣна такой проволоки, продолжаетъ онъ, будетъ, считая 8 пенсовъ за фунтъ, 37,000 фунтовъ стерлинговъ, проценты на этотъ капиталъ, по 5 на сто, составляютъ 1,850 фунтовъ.

Численное отношеніе между тепловою энергіею и работою было приведено во главѣ II: механическій эквивалентъ теплоты равняется 772 футофунтамъ *). Подобнымъ образомъ существуетъ точное соотношеніе между электрической энергіей и работой. На предыдущихъ страницахъ былъ показанъ въ общихъ чертахъ способъ измѣренія электрической энергіи посредствомъ разнаго рода гальванометровъ и вольтаметровъ. Измѣряя энергію, которую можно получить изъ даннаго объема воды употребленной въ гидравлической машинѣ, необходимо знать не только количество взятой воды, но также степень давленія, которое она производитъ, то есть высоту ея паденія. Тоже самое и относительно электричества: надобно знать и давленіе, то есть: электро-двигательную силу и количество.

Въ настоящее время первая изъ этихъ величинъ (т. е. электродвигательная сила) измѣряется особой единицей, называемой «*вольта*», а количество электричества измѣряется единицею называемой «*амперъ*», поэтому данное количество электрической энергіи выражается числомъ «*вольтамперовъ*». Лошадиная сила равна 746 вольтамперамъ, или употребляя, предложенное Сэромъ Уильямомъ Сименсомъ, менѣе длинное

*) Это эквивалентъ *градуса* повышенія температуры на 1° Фаренгейта; принимая за единицу счета 1° Цельсія, мы получимъ эквивалентъ 1,390 русскихъ футофунтовъ, какъ уже было говорено.

ЭР01685

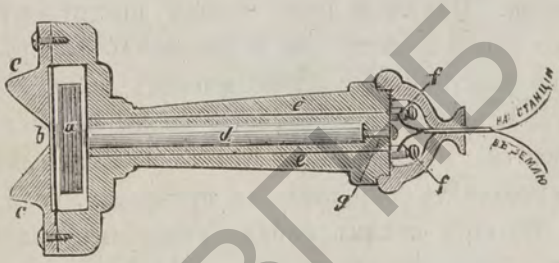
слово 746 «*уаттамъ*». Вопросъ объ этихъ мѣрахъ сталъ такъ важенъ для практики, что во многихъ законопроэктахъ «Временныхъ правилъ относительно электрическаго освѣщенія», внесенныхъ въ парламентъ, предполагается назвать «единицей» энергію, представляемую токомъ въ 1,000 амперовъ при электро-двигательной силѣ одной вольты въ часъ, и предполагается считать цѣнность этой «единицы» электрической энергіи равною семи пенсамъ. И такъ: «единица» энергіи равна 1,000 вольтамперовъ (или 1,000 уаттовъ), а 746 уаттовъ равны одной лошадиной силѣ; изъ этого слѣдуетъ, что стоимость одной лошадиной силы въ теченіи часа, передаваемой въ формѣ электрической энергіи, считается равною $5^1/_2$ пенсовъ *).

Другимъ примѣромъ превращенія механической энергіи въ электрическую и наоборотъ можетъ служить передача энергіи, очень небольшая по размѣру превращаемаго количества силы, но чрезвычайно интересная: это передача звуковъ рѣчи на далекія разстоянія, производимая маленькимъ аппаратомъ, телефономъ, изобрѣтатель котораго Грэгэмъ Белль (Graham Bell). Телефонъ Белля (фигура 69), подобно динамической машинѣ, аппаратъ, ведущій процессъ превращенія и въ прямомъ и въ обратномъ направленіяхъ, то есть, онъ одинаково служитъ и для полученія и для отправленія изустныхъ сообщеній. Онъ состоитъ изъ стальнаго магнита (d), одинъ изъ полюсовъ котораго обвитъ спиралью изолированной проволоки (a); концы проволоки (e, e) соединены (въ

*) По поводу вопроса о передачѣ энергіи, интересно замѣчаніе которое недавно высказалъ профессоръ Осборнъ Ренольдсъ (Reynolds) въ собраніи «Общества Искусствъ». Онъ выразилъ мнѣніе, что было бы выгодною спекуляціею перевозить запасы энергіи въ формѣ сжатаго воздуха, закупореннаго въ стальныхъ бутыляхъ, продавая эти запасы энергіи по 3 пенса за милліонъ футофунтовъ.

ЭР01685

точкахъ f, f) одинъ, съ проволокою, проведенною на другую станцію, другой съ проволокою, опущенною въ землю, то есть входящею въ круговой токъ магнетизма земнаго шара. Непосредственно передъ плоскостью этого полюса, но не соприкасаясь съ нимъ, находится круглая пластинка изъ тонкаго листоваго желѣза, дискъ (b), прикрѣпленный лишь своимъ краемъ прямо за отверстіемъ для входа произносимыхъ звуковъ (c, c).



Фиг. 69.

Звукъ идетъ по воздуху, какъ извѣстно, волнами; числомъ волнъ, достигающихъ уха въ продолженіе секунды, опредѣляется тонъ звука, та нота, которая слышится въ немъ; а формою волнъ опредѣляется тембръ или характеръ звука; ударяясь въ барабанную перепонку уха, эти волны производятъ въ насъ ощущеніе звука; ударяя въ пластинку телефона, онѣ приводятъ ее въ дрожаніе. Вибраціи этого желѣзнаго кружочка передъ полюсомъ магнита постоянно видоизмѣняютъ «поле» этого полюса, и эти измѣненія возбуждаютъ въ окружающей полюсъ спирали электрическіе токи (разумѣется, очень слабые). Такимъ образомъ, волны воздуха превращаются въ волны электричества, или, по выраженію Белля, въ волнообразные токи. Приходя на другую станцію, эти токи вхо-

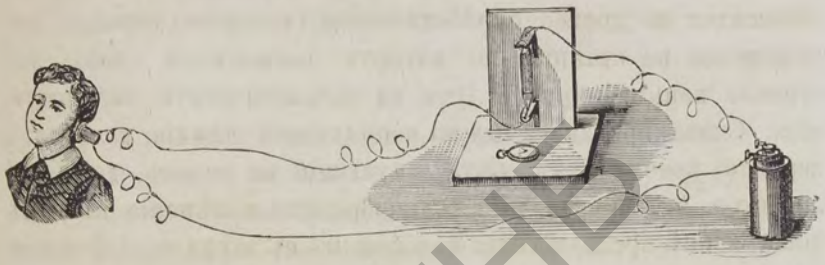
ЭР01685

дятъ въ другой, совершенно такой же, какъ тотъ, который произвелъ ихъ. Проходя по спирали этого получающаго ихъ телефона, онѣ производятъ въ ея магнетическомъ полѣ рядъ измѣненій тоже, разумѣется, очень слабыхъ, но совершенно соотвѣтствующихъ измѣненіямъ въ полѣ пославшаго ихъ телефона. Эти измѣненія въ полѣ получающаго магнита попеременно привлекаютъ и отталкиваютъ его дискъ, и дискъ дрожитъ. Его механическія колебанія тотчасъ же сообщаются воздуху, и ударяясь въ ухо слушающаго, производятъ ощущеніе звука. Помощью пары такихъ инструментовъ можно не только разговаривать, но и различать тембръ знакомаго голоса, на разстояніи довольно многихъ миль.

Итакъ, телефонъ превращаетъ волны воздуха въ волны электричества, и наоборотъ. Его токи такъ слабы, что не могутъ преодолѣть сопротивленія проволоки, если она очень длинна. Но если какимъ нибудь способомъ придать волнообразность болѣе сильному току, способному перейти большое разстояніе, телефонъ обратитъ эти волны въ звукъ, и границы разговорнаго разстоянія очень много расширятся. Это и достигнуто микрофономъ профессора Гьюза (D. E. Hughes). Микрофонъ (фигура 70) состоитъ изъ двухъ или трехъ кусочковъ угля, лежащихъ другъ послѣ друга въ «свободномъ соприкосновеніи». Пока эти кусочки угля совершенно спокойны, черезъ нихъ проходитъ непрерывный токъ; и въ телефонъ не слышно никакого звука. Но малѣйшее колебаніе (даже такое, какое производятъ шаги мухи) въ близи угольковъ, чѣмъ бы ни было оно возбуждено, звуками ль рѣчи, или инымъ чѣмъ, колеблетъ ихъ, видоизмѣняетъ соприкосновеніе и производитъ измѣненіе или колебаніе тока, которое телефонъ дѣлаетъ слышнымъ. Всѣ телефоническіе аппараты для далекихъ растояній просто комбинаціи микрофоновъ, и при ихъ помощи возможно теперь разговаривать

ЭР01685

на разстояніи болѣе 200 миль, а звуки музыки можно передавать на растояніе болѣе 500 миль. Недавно былъ даже разговоръ между Нью-Іоркомъ и Чикаго, разстояніе между которыми болѣе 1,000 миль *). Но для этого служила не обыкновенная телеграфная проволока, а стальная проволока, гальванопластически одѣтая мѣдью.



Фиг. 70.

Быть можетъ еще замѣчательнѣе изобрѣтенія Грэгэма Белля другой способъ передачи звуковъ рѣчи посредствомъ электричества, также служащій примѣромъ превращенія энергіи изъ одной формы въ другую. Это способъ передачи звуковъ безъ помощи проводящей электричество проволоки, и аппаратъ, дѣлающій это, называется фонографомъ. Его дѣйствіе основывается на одномъ любопытномъ качествѣ селена (простаго тѣла, очень рѣдко встрѣчающагося въ природѣ). Сопротивленіе этого тѣла прохожденію электрическаго тока уменьшается дѣйствіемъ лучистой энергіи свѣта. Если включимъ поверхность куска селена въ электрическій кругъ тока, батареи и телефона, телефонъ не будетъ издавать никакого звука, пока остается неизмѣнною интенсивность свѣта, падающаго на селенъ; но всякое измѣненіе интенсивности этого

*) То есть, болѣе 1,500 верстъ.

ЭР01685

свѣта измѣняетъ степень сопротивленія, представляемаго току селеномъ и потому измѣняетъ силу тока, иначе сказать: даетъ току волнообразный характеръ, производящій въ телефонѣ звуки. Измѣненія въ интенсивности свѣта производятся на посылающей звуки станціи; средство для этого состоитъ въ томъ, что посылающій свои слова говоритъ ихъ сзади тонкаго зеркала, установленнаго такъ, чтобы падающій на него свѣтъ отражался на другое, параболическое (вогнутое) зеркало находящееся на станціи, на которую посылаются слова; это зеркало концентрируетъ лучи на гальваническую селеновую пару. Слова, произносимыя на посылающей станціи, колеблятъ зеркало; потому лучъ свѣта, падающій на селенъ, тоже колеблется; это производитъ волнообразныя измѣненія въ силѣ тока, и онѣ превращаются телефономъ въ звуки человѣческой рѣчи. Едва ли есть примѣръ превращенія энергіи болѣе любопытный, болѣе удивительный, чѣмъ дѣйствіе фонографа.

ДВГНБ

ЭР01685

ГЛАВА VI.

Энергія въ органической природѣ.

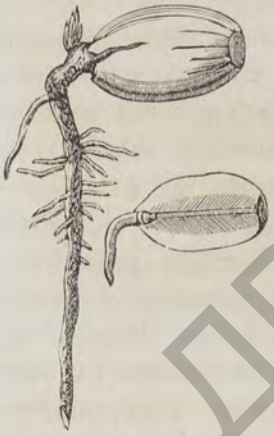
Въ Концѣ III главы мы говорили о способности той формы лучистой энергіи, которая называется свѣтомъ, производить химическую работу, выражающуюся разложеніемъ химическихъ соединеній. Мы приводили въ примѣръ этого разложеніе солей серебра, на которомъ основывается фотографическое искусство. Мы упоминали мимоходомъ, что подъ вліяніемъ лучистой энергіи солнца живыя растенія разлагаютъ углекислоту, существующую въ воздухѣ, освобождая кислородъ и отлагая въ своихъ тканяхъ углеродъ. Теперь мы разсмотримъ этотъ процессъ нѣсколько подробнѣе. Съ этой цѣлью кратко просмотримъ исторію жизни какого-нибудь общеизвѣстнаго растенія, напримѣръ жизнь дуба, начиная съ жолудя.

Если сдѣлать продольный разрѣзъ по серединѣ жолудя, бо̀льшая часть его содержанія окажется желтовато-бѣлымъ веществомъ; но на одномъ концѣ мы увидимъ небольшой предметъ, величиною съ булавочную головку, который содержитъ зародышъ будущаго растенія, корешокъ и зачаточный стебель. Остальная часть жолудя, желтовато-бѣлое вещество, составляетъ запасъ пищи, заготовленный для будущаго растеньеца, пока оно само будетъ, такъ сказать, въ состояніи работать для своего пропитанія. Когда жолудь падаетъ въ

ДВГНБ

ЭР01685

землю, онъ лежитъ въ ней какъ бы мертвымъ или какъ бы въ глубокомъ оцѣпененіи, пока она холодна и суха. Но когда волны солнечной теплоты пронижутъ землю, ихъ энергія пробуждаетъ маленькое растеніе, приводитъ въ движеніе частицы матеріи составляющія его и заставляетъ ихъ соединяться съ частицами заготовленной пищи,—крахмаломъ, маслянистыми веществами, сахаромъ и альбуминатами, собранными для растенія въ толстыхъ зародышевыхъ листьяхъ, въ которыхъ оно было погребено (рис. 71).



Фиг. 71.

Такъ проводитъ малютка-растенье первый періодъ существованія. Корень и стебель развиваются на счетъ заранѣе приготовленной пищи, заботливо выработанной для зародыша взрослымъ деревомъ. Съ теченіемъ времени этотъ запасъ истощается, части растенія появляются надъ поверхностью земли и подвергаются дѣйствію свѣта. Какъ только произошло это, онѣ становятся способными сами для себя приготовлять пищу, пока посредствомъ ихъ, такъ сказать, работаетъ лучистая солнечная энергія.

Точные опыты ясно показали, что зеленыя части поверхности живыхъ растеній поглощаютъ изъ воздуха углекислоту и выдыхаютъ кислородъ, что онѣ увеличиваются при этомъ въ вѣсѣ черезъ отложеніе углерода въ ихъ тканяхъ, состоящихъ главнымъ образомъ изъ соединенія этого углерода съ водородомъ и кислородомъ, получаемыми изъ воды поглощаемой корнями. Древесное волокно состоитъ химически изъ тридцати шести вѣсовыхъ частей углерода, пяти водорода и сорока кислорода.

ДВГНБ

ЭР01685

Освобожденіе кислорода живыми растеніями легко можно показать, опустивъ нѣсколько свѣже-сорванныхъ листьевъ (хороши для этого опыта лавровые) въ стаканъ съ водою опрокинутый надъ водою. Когда солнце свѣтитъ на листья, съ нихъ изобильно поднимаются пузырьки кислорода. Точно также въ акваріумѣ часто можно видѣть струю такихъ пузырьковъ восходящую отъ сломанныхъ стеблей водяныхъ растеній Анахариса или Вастенеріи.

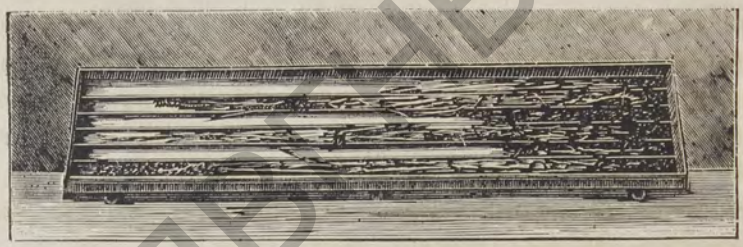
Въ то время какъ идутъ эти процессы, волокна корня поглощаютъ воду и растворенныя въ ней минеральныя вещества, необходимыя для питанія растеній, напримѣръ, поташъ и проч. и въ особенности вещества содержащія азотъ. Значительная часть азота получается растеніемъ въ видѣ амміака (состоящаго по вѣсу изъ четырнадцати частей азота и трехъ водорода), изъ котораго растеніе вырабатываетъ тѣ азотистыя вещества, которыя какъ мы увидимъ, составляютъ существенную часть пищи человѣка.

Очень интересно замѣтить, что лучистая энергія электрическаго свѣта оказываетъ почти такое же, если не совершенно такое же, вліяніе на ходъ этихъ измѣненій въ растеніи, какъ энергія солнечнаго свѣта. Этотъ вопросъ былъ заботливо изслѣдованъ Сименсомъ, который съумѣлъ обдуманной комбинаціей оранжерейной теплоты и электрическаго свѣта управлять по желанію временемъ цвѣтенія растеній и созрѣванія ихъ плодовъ. Компетентные судьи нашли такіе цвѣты и плоды во всѣхъ отношеніяхъ равными тѣмъ, которые развиваются при обыкновенныхъ условіяхъ.

Въ ноябрѣ 1881 года два куска земли, совершенно одинаковой почвы на фермѣ Сименса были засѣяны, овсомъ, пшеницей и ячменемъ. На посѣвъ были взяты для обоихъ кусковъ тѣ же самыя зерна. Одинъ кусокъ былъ оставленъ безъ всякаго вмѣшательства, другое освѣщалось электрическимъ свѣ-

ЭР01685

томъ отъ заката до восхода солнца до мая 1882 г. когда собрали жатву. Рис. 72, съ фотографіи благосклонно предоставленной въ наше распоряженіе сэромъ Уильямомъ Сименсомъ, показываетъ результаты. Три длинные колоса выросли на кускѣ освѣщенномъ электрическимъ свѣтомъ, три короткіе на другомъ; наибольшая разница была въ овсѣ, наименьшая въ пшеницѣ. Очень замѣчательная черта въ этихъ опытахъ, указанная первоначально сэромъ Уильямомъ Томсономъ и вполнѣ подтвержденная сэромъ Уильямомъ Сименсомъ, состоитъ въ томъ, что никакой искусственный свѣтъ не производитъ въ растеніяхъ разложенія углекислоты, если



Фиг. 72.

температура его источника не превышаетъ температуру необходимую для этого разложенія, т. е. 4000 гр. по Фаренгейту *). Электрическій свѣтъ остается пока единственнымъ искусственнымъ свѣтомъ, выполняющимъ эти условія. Другой выводъ изъ этого опыта состоитъ въ томъ, что періодъ покоя, считавшійся до сихъ поръ необходимымъ для растеній во время ихъ роста, оказался не столь существеннымъ, какъ вообще полагали.

Теперь представляется намъ вопросъ, какая именно часть растенія производитъ разложеніе углекислоты. Тѣло всѣхъ

*) Приблизительно 2200° Цельса.

ЭР01685

животныхъ и растеній состоитъ изъ растущихъ другъ подлѣ друга маленькихъ (прозрачныхъ) мѣшечковъ съ жидкимъ содержаніемъ, называемыхъ клѣточками (фигура 73). Въ мякоти растеній онѣ круглы, велики, видны глазу; въ стебляхъ растеній онѣ обыкновенно длинны и растянуты такъ, что конецъ одной протягивается вдоль слѣдующей; въ другихъ частяхъ растенія онѣ очень разнообразны и по формѣ и по величинѣ. Жидкость, заключающаяся въ клѣточкахъ липка и содержитъ въ себѣ мелкія постоянно двигающіяся зернушки. Эта жидкость называется «протоплазмой», то есть *первообразною формою жизни*. Во время роста растенія клѣточки размножаются посредствомъ дѣленія: (протоплазма одной клѣточки раздѣляется на двѣ части, между которыми образуется стѣнка, такъ что изъ одной клѣточки дѣлаются двѣ). Въ простѣйшихъ растеніяхъ и животныхъ, состоящихъ изъ одной клѣточки или изъ клѣточекъ одного рода, каждая клѣточка должна производить очень много разнообразныхъ работъ, исполняя всѣ функціи организма; но чѣмъ выше организація растенія (или животнаго), тѣмъ болѣе эти различныя обязанности или отправленія раздѣляются между разными родами клѣточекъ, такъ что на долю каждой выпадаетъ только одна обязанность. Такимъ образомъ (рис. 74) одинъ родъ клѣточекъ вырабатываетъ крахмалъ (st), другой—масло (a), третій—азотныя соединенія, четвертый разлагаетъ углекис-

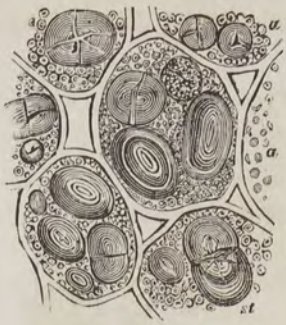


Фиг. 73.

ЭВРНБ

ЭР01685

лоту, пятый—завѣдуетъ дыханіемъ, и т. д. *Почему* одна клѣточка способна исполнять много родовъ работы, тогда какъ другая, повидимому совершенно подобная ей, способна только къ одному спеціальному роду работы, составляетъ для насъ вопросъ, на который мы также не имѣемъ отвѣта какъ и на вопросъ о природѣ окружающихъ насъ различныхъ формъ энергіи неизвѣстныхъ въ отдѣльности отъ матеріи.



Фиг. 74.

Протоплазма въ тѣхъ клѣточкахъ, которыя разлагаютъ углекислоту (фигура 75) имѣетъ прекрасный зеленый цвѣтъ,—ее называютъ *хлорофиломъ*. Она поглощаетъ всѣ солнечные лучи, кромѣ зеленыхъ, которые отражаетъ производя на наши глаза впечатлѣніе зеленаго цвѣта. Итакъ подъ вліяніемъ солнечной энергіи кислородъ и углеродъ разъединяются. Въ главѣ III мы говорили, что процессъ химическаго притяженія между простыми тѣлами производитъ теплоту и свѣтъ. Отсюда слѣдуетъ, что когда сгораетъ дерево (и какъ мы увидимъ, когда растительная пища «сгораетъ», т. е. окисляется въ животномъ тѣлѣ), то энергія, порождаемая этимъ лишь *воспроизведеніе солнечной энергіи*, которая разъединила въ живомъ растеніи углеродъ и кислородъ, совершенно подобно тому, какъ во вторичной баттареѣ электрическая энергія, получаемая разряженіемъ пары происходитъ отъ возсоединенія водорода и



Фиг. 75.

ДВГНБ

ЭР01685

кислорода, которые были разъединены токомъ, употребленнымъ на то, чтобы зарядить пару. Мы ужь говорили, что оба эти разряда накопленія энергіи совершенно аналогичны.

Тоже самое вполнѣ примѣняется къ отдаленнымъ геологическимъ вѣкамъ, когда росли на землѣ могучіе лѣса, обратившіеся теперь въ каменный уголь, великій запасъ нашего національнаго богатства. Наши каменноугольные пласты можно считать обширнымъ складомъ потенціальной энергіи; ихъ исторія заслуживаетъ разсказа.

Внимательное изслѣдованіе многихъ сортовъ каменнаго угля показываетъ, что онъ колется на слои; если изслѣдовать его въ шахтѣ, то найдемъ, что онъ лежитъ между пластами твердаго минерала, называемаго сланцомъ, который раскалывается на слои гораздо легче чѣмъ самый уголь. На этомъ



Фиг. 76.

БИБЛІОТЕКА Е.К.ДЕРЯГИНОЙ

сланцѣ часто находимъ отпечатки разныхъ частей растеній, подобные представленнымъ на рисункѣ 76. Кромѣ того въ нижнемъ слоѣ сланца или въ подстилкѣ каменноугольнаго пласта видимъ любопытныя ископаемыя (рисунокъ 77), о которыхъ изслѣдованіе показало, что это корни нѣкоторыхъ де-

ЭР01685

ревьевъ, остатки стволовъ которыхъ находятъ въ сланцѣ или углѣ. Говоря техническимъ языкомъ стигмарія — это корень сигилляріи. Кромѣ того иногда находимъ въ каменномъ углѣ круглыя окаменѣлости похожія формою на пушечныя ядра.



Фиг. 77.

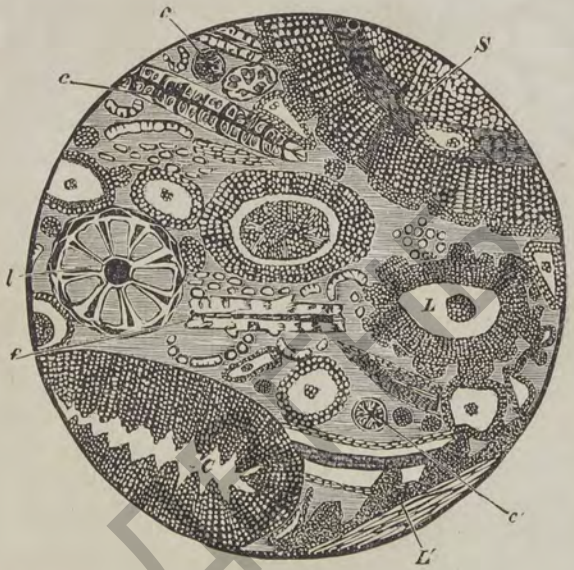
Когда распилимъ ихъ на прозрачныя пластинки, (рисунокъ 78) можно разсмотрѣть въ нихъ листья и стебли растеній образовавшихъ каменный уголь.

Итакъ, въ каменноугольныхъ лѣсахъ, идеальное изображеніе которыхъ представляетъ рисунокъ 79, росли главнымъ образомъ три рода деревьевъ или растеній: дерево съ чешуйчатымъ стволомъ, лепидодендронъ, дерево съ очень любопытными полосками на стволѣ, сигилларія, и растеніе со стволомъ похожимъ на тростниковый — каламитъ. Тутъ-же росли огромныя древовидные папоротники, подобные тѣмъ, какіе видимъ теперь въ ново-зеландскихъ или австралійскихъ лѣсахъ; росло много папоротниковъ менѣе крупныхъ. Ни одно изъ этихъ растеній каменноугольнаго періода не имѣло цвѣтовъ, и когда съ теченіемъ времени стали развиваться растенія имѣющія цвѣты, онѣ стали оттѣснять гигантовъ каменноугольнаго лѣса въ борьбѣ за существованіе; эти прежнія растенія постепенно выраждались, такъ что ихъ представители, живущіе въ настоящее время, очень невелики. Небольшой плаунъ (рис. 80), который всего лучше растетъ въ болотахъ сѣверной Англіи, — потомокъ гигантскаго лепидо-

ЭР01685

денрона, а хвощь или Equisetum (рис. 81) — единственный потомокъ каламита.

По поводу исторіи образованія каменнаго угля, интересно замѣтить, что процессы, происходившіе въ тотъ періодъ про-



Фиг. 78.

S. Поперечный разрѣзъ стебля сигилляріи. L. Поперечный разрѣзъ стебля лепидодендрона. L'. Продольный разрѣзъ стебля лепидодендрона. E. Поперечный разрѣзъ шишки лепидодендрона C. Поперечный разрѣзъ стебля каламита. c. c. c. Продольный и поперечные разрѣзы плодовъ каламита. f. Стебель папоротника съ остатками листьевъ, разбросанными подлѣ него. Небольшія пятнышки (точки) разсѣянныя по нѣсколькимъ мѣстамъ — представляютъ крупныя споры, которыя упали изъ шишкообразныхъ плодовъ.

должаются и нынѣ въ одной изъ болотистыхъ мѣстностей сѣверной Каролины. Растенія здѣсь, разумѣется, другія, но состояніе атмосферы и почвы тоже самое. Въ обширной,

ЭР01685



Фиг. 79.

ЭР01685

пасмурной топи, ростутъ деревья и другія растенія, годъ за годомъ ихъ листья падаютъ въ воду, она закрываетъ ихъ отъ разлагающаго дѣйствія воздуха, и онѣ накопляются слой за слоемъ. Потоки, которые питаетъ эта топь, совершенно чисты и прозрачны, такъ какъ вся тина профильтровалась черезъ смѣшанную массу корней, стеблей и пр. у окраинъ топи. Такъ получается большая толща растительныхъ остатковъ, совершенно свободная отъ землистыхъ частицъ, образуя торфъ.



Фиг. 80.

Превращеніе торфяныхъ пластовъ въ каменный уголь произведено было разнообразными перемѣнами въ уровнѣ, которымъ они подвергались въ теченіи геологическихъ вѣковъ. Эти перемѣны происходили частью отъ дѣйствія внутренной земной энергіи (напримѣръ отъ волкановъ) и отъ сжатія земной коры охлаждавшагося земнаго шара (это сжатіе производило въ его корѣ трещины, изъ которыхъ вылились горныя цѣпи), частью онѣ происходили отъ разрушающаго дѣйствія воды, льда и атмосферныхъ перемѣнъ. Соединенное дѣйствіе всѣхъ этихъ причинъ постепенно покрыло торфяные пласты на цѣлыя сотни футовъ толщины другими матеріалами, обыкновенно горными породами, тяжесть которыхъ уплотняла торфъ и наконецъ обратила его въ каменный уголь *). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ взрывъ волканической горы по

*) Обращеніе кусковъ торфа въ каменный уголь можетъ быть произведено въ лабораторіяхъ сильнымъ гидравлическимъ давленіемъ.

ЭР01685

близости торфа, на половину ужь обратившагося въ каменный уголь, производилъ дистилляцію частей этого пласта, образуя естественное минеральное масло, встрѣчающееся въ такомъ изобиліи въ нѣкоторыхъ странахъ, образуя съ тѣмъ вмѣстѣ и газъ, который какъ извѣстно, часто выходитъ изъ трещинъ въ каменномъ углѣ и производитъ бѣдственные взрывы въ шахтахъ, съ плохою вентиляціею.



Фиг. 81.

Зная несомнѣнно растительное происхожденіе каменнаго угля и химическія измѣненія, производимыя процессомъ растительной жизни, мы видимъ справедливость мысли, что каменный уголь резервуаръ, въ которомъ накопилась солнечная энергія лившаяся на землю въ прошлые вѣка. Великіе и могущественные умы часто постигаютъ истину инстиктивно или интуитивно, не переходя длинной цѣпи доказательствъ; и пониманіе отношеній каменнаго угля къ энергіи солнца внушило Джорджу Стефенсону отвѣчать словомъ «солнце» на вопросъ, какъ сила приводитъ въ движеніе его локомотивъ; при другомъ случаѣ онъ назвалъ каменный уголь упакованнымъ солнечнымъ свѣтомъ.

Теперь мы разсмотримъ энергію въ царствѣ животныхъ. Чрезвычайно трудно съ точностью опредѣлить различіе между животнымъ и растеніемъ. Быть можетъ никогда не будетъ

ЭР01685

найдено опредѣленіе вполнѣ удовлетворительное, потому что общая тенденція всѣхъ новыхъ научныхъ выводовъ не только въ естествознаніи, но и въ другихъ отрасляхъ науки состоитъ въ томъ, чтобы сглаживать всѣ рѣзко-обозначенныя различія и системы неподвижныхъ и замкнутыхъ классификацій. Почти несомнѣнно, что существуютъ организмы, которые истинныя растенія въ одномъ періодѣ жизни и истинныя животныя въ другомъ. Можно, однако, поставить общимъ основаніемъ различія между этими двумя великими классами живыхъ существъ характеръ ихъ пищи, какъ черта различія относительно высшихъ животныхъ и высшихъ растеній, этотъ признакъ дѣленія хорошъ; вѣроятно примѣняется онъ и къ низшимъ, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ трудно доказать это.

Растенія, какъ мы видимъ, извлекаютъ свою пищу изъ простыхъ веществъ—углекислоты, амміака и воды, изъ которыхъ они вырабатываютъ самыя сложныя соединенія. Животныя, наоборотъ, требуютъ, чтобы ихъ пища была предварительно приготовлена и обработана для нихъ растеніями или другими животными. Растенія, обращаютъ активную, лучистую, двигательную энергію въ запасъ энергіи потенціальной; животныхъ, можно считать машинами, которыя обращаютъ потенціальную энергію въ активную. Потенціальная энергія доставляется животному въ пищѣ и въ тѣлѣ животнаго, пища обращается путемъ химическихъ измѣненій въ активную энергію теплоты и механической работы. Эти измѣненія состоятъ главнымъ образомъ въ окисленіи составныхъ частей пищи, представляютъ въ сущности медленное сожиганіе ихъ; это измѣненія совершенно того же рода какъ тѣ, которыя мы объясняли въ главѣ III подъ именемъ горѣнія, только ходъ ихъ медленнѣе, потому ихъ дѣйствія растягиваются на болѣе продолжительное время и менѣе очевидны непосредственному наблюденію. Если данное количество угле-

ЭР01685

рода сгоритъ въ воздухѣ, или потребится животнымъ въ пищѣ и медленно окислится въ его тѣлѣ, количество теплоты (потому и работы полученной посредствомъ ея) будетъ въ обоихъ случаяхъ одно и то же. И такъ, приходъ энергіи въ животномъ тѣлѣ получается черезъ окисленіе пищи въ продукты разрушенія, а расходуется она въ формѣ теплоты необходимой для поддержанія жизни и въ формѣ механической работы.

Гельмгольцъ показалъ, что только *одна пятая* часть всей энергіи произведенной въ человѣческомъ тѣлѣ сгораніемъ пищи можетъ быть употреблена на внѣшнюю работу,—остающіяся четыре пятыхъ требуются на производство огромнаго количества *внутренной работы*, необходимой для тѣла, какъ напримѣръ, движеніе сердца, легкихъ и т. д. и на поддержаніе животной теплоты. Естественная температура человѣческаго тѣла 98° Фарн. (около 37° Цельса) и очевидно, что сожиганіе большаго количества матеріала, необходимо для сохраненія такой значительной поверхности, и значительнаго объема тѣла при температурѣ на много градусовъ выше окружающаго воздуха. Извѣстенъ фактъ, что когда человѣкъ умираетъ отъ голода, то дѣйствительная причина смерти — *холодъ*, т. е. неспособность поддержать въ тѣлѣ теплоту необходимую для жизненныхъ процессовъ. Потому, когда въ пищѣ бываетъ недостатокъ, то ея требуется гораздо менѣе, если держать тѣло въ теплѣ—фактъ замѣченный заботливой ландкаширскою хозяйкою, которая во время послѣдняго голода отъ вздорожанія хлопка, оставляла своихъ домашнихъ въ теплой постели по двадцати часовъ въ сутки.

И такъ животная теплота поддерживается медленнымъ окисленіемъ углерода, водорода и азота пищи, которую мы принимаемъ, а работа животныхъ, какъ мы увидимъ, происходитъ изъ того же источника. «Замѣтимъ», говоритъ сэръ

ЭР01685

Уильямъ Эрмстронгъ въ своей рѣчи о паровыхъ машинахъ, «что въ машинахъ, созданныхъ природой, получается несравненно лучшій результатъ чѣмъ въ нашихъ. Природа употребляетъ только теплоту лишь невысокой степени, какую мы находимъ совершенно непригодною къ дѣлу. Мы выпускаемъ паръ какъ безполезный при температурѣ, которая сварила бы животныя вещества, а природа работаетъ при температурѣ такой мягкой, что она не повреждаетъ самой нѣжной ткани. И однако же, не смотря на то, что высокая температура выгоднѣе для работы, количество работы извлекаемой живою машиною изъ даннаго количества топлива, повергаетъ въ стыдъ паровыя машины».

Будетъ нелишнимъ сказать здѣсь, что разнообразныя вещества, составляющія нашу пищу, можно соединить въ три группы. Первую образуютъ всѣ тѣ питательныя вещества, въ которыхъ главныя составныя части крахмалъ и сахаръ. Эти вещества состоятъ изъ углерода, водорода и кислорода, но водородъ и кислородъ находятся въ нихъ почти ровно въ той самой пропорціи, въ какой образуютъ воду. Поэтому энергія извлекаемая изъ нихъ происходитъ единственно отъ окисленія углерода. Ко второй группѣ принадлежатъ масло, жиръ и проч., вещества, заключающія въ себѣ большое количество углерода и водорода, соединеныхъ лишь съ незначительнымъ количествомъ кислорода. Поэтому при равныхъ вѣсовыхъ количествахъ изъ веществъ этой группы получается гораздо болѣе энергіи чѣмъ изъ веществъ первой. Припомнимъ, что тепловая энергія развиваемая сожиганіемъ водорода превышаетъ энергію получаемую сожиганіемъ всякаго другого извѣстнаго вещества при равномъ вѣсѣ. Третья группа пищи содержитъ съ себѣ, кромѣ углерода, водорода и кислорода, азотъ и самый чистый примѣръ пищи этого рода представляетъ яичный бѣлокъ, вещество, называемое въ химіи альбу-

ЭР01685

миномъ; другіе примѣры представляютъ—клейковина пшеницы (волокнистое вещество, которое остается когда весь крахмалъ отмыть отъ муки водяною струей), фибринъ мяса, казеинъ сыра, а также нѣкоторые сорты растительныхъ веществъ, (особенно чечевица, горохъ и бобы). Когда эти вещества окисляются въ тѣлѣ животнаго кислородомъ, который втягивается въ легкія дыханіемъ, то изъ углерода производится углекислота, изъ водорода—вода и оба эти продукта окисленія выдѣляются главнымъ образомъ дыханіемъ. Продукты окисленія азота образуютъ болѣе сложное вещество, называемое мочевиной, при выдѣленіи котораго изъ тѣла играютъ очень важную роль почки. О вредномъ вліяніи углекислоты, когда она находится въ воздухѣ даже въ небольшихъ количествахъ и объ опытахъ, показывающихъ его, мы говорили въ главѣ III; но интересно будетъ замѣтить здѣсь, что черезъ легкія взрослаго человѣка проходитъ въ сутки, при обыкновенномъ распредѣленіи времени между дѣятельностью и покоемъ, около 360 кубическихъ футовъ воздуха и выдыхаемый воздухъ содержитъ около одной двадцать-четвертой части углекислоты, слѣдовательно въ теченіи сутокъ изъ легкихъ взрослаго человѣка выдѣляется около 15 кубическихъ футовъ углекислоты, содержащей приблизительно 8 унцій твердаго углерода.

Прежде думали, слѣдуя авторитету Либиха, (великаго химика, но не физіолога), что тяжелая физическая работа исполняется затратой самой мускульной ткани, разрушаемой этимъ процессомъ. Но болѣе точные опыты показали, что это не такъ; приведемъ въ доказательство очень любопытный примѣръ: количество работы производимой внутри тѣла сердцемъ для поддержанія кровообращенія такъ велико, что если бы она совершалась затратой мускульной ткани, потребовалось бы каждую недѣлю новое сердце. Кромѣ того, если бы теорія Либиха была вѣрна, то когда исполняется

ЭР01685

чрезвычайно усиленная работа, должно было бы происходить соотвѣтствующее увеличеніе въ количествѣ выдѣляемой мочевины, продуктѣ окисленія азота, а найдено, что этого не бываетъ. Впрочемъ во время тяжолой работы дѣйствительно необходимо большее, чѣмъ обыкновенно, количество азотистой пищи, но это по всей вѣроятности происходитъ скорѣе отъ *качества*, чѣмъ отъ размѣра химическихъ измѣненій, вызываемыхъ въ тѣлѣ тяжолой работой.

Теорія Либиха была совершенно опровергнута внимательными опытами нѣмецкихъ химиковъ—Фрика и Вислиценуса, которые производили изслѣдованія надъ самими собою. Работа, исполняемая ими была восхожденіе на Фаульгорнъ, (въ Швейцаріи). Высота горы была извѣстна, извѣстенъ и вѣсъ изслѣдователей; потому число фунто—футовъ работы, исполненной каждымъ изъ нихъ при восхожденіи можно было легко вычислить. Нѣсколько дней передъ тѣмъ они питались крахмаломъ, сахаромъ и проч., избѣгая всѣхъ азотистыхъ соединеній, и съ точностью измѣряли и взвѣшивали продукты окисленія этой пищи; они нашли, что при работѣ не только не было значительнаго увеличенія въ выдѣленіи мочевины (результата окисленія азотистыхъ составныхъ частей тѣла), но что количество ея соотвѣтствовало только одной пятой части произведенной работы. Такимъ образомъ было ясно что работа была произведена дѣйствительно на счетъ углерода и водорода, содержавшихся въ пищѣ.

Докторъ Фрэнклэндъ изслѣдовалъ тотъ же вопросъ съ другой точки зрѣнія и показалъ количество теплоты, производимой полнымъ сожиганіемъ или окисленіемъ различныхъ родовъ пищи. Механическій эквивалентъ теплоты, найденный Джоулемъ позволяетъ выразить это въ единицахъ механической работы.

ЭР01685

Вотъ нѣкоторые изъ результатовъ, полученныхъ докторомъ Фрэнклэндомъ:

Теплота происходящая отъ полнаго сгоранія одного фунта слѣдующихъ веществъ, обращенная въ футо-тонны работы (нагрѣваніе 1 фунта воды на 1° фар. или: нагрѣваніе фунта воды на 1° цельса соотвѣтствуетъ 1390 футо-фунтамъ или приблизительно 35 ф. пудофутамъ, соотвѣтствуетъ 772 фунто-футамъ или приблизительно 1/3 футо-тонны).

Пшеничная мука	2,283	футо-тонны
Овсяная	2,439	»
Горохъ	2,341	»
Картофель	681	»
Тощее мясо	885	»
Жирное мясо	5,626	»
Масло	4,507	»
Макрель	1,000	»
Рисъ (китайскій)	2,330	»

Тѣже выводы докторъ Фрэнклэндъ выразилъ инымъ способомъ. Онъ нашелъ средство опредѣлить количество и стоимость пищи, полное окисленіе которой необходимо для исполненія работы, сдѣланной Фикомъ и Вислиценусомъ, т. е. для поднятія тяжести человѣческаго тѣла (140 фун.) на высоту 10,000 футовъ и пришелъ къ слѣдующимъ результатамъ:

	Число фунтовъ и тысячныхъ долей фунта.	Цѣна фунта въ шиллингахъ и пенсахъ.	Стоимость въ шиллингахъ и пенсахъ.
Хлѣбъ	2,345	0 1 1/2	0 3 1/2
Овсяная мука	1,285	0 2 1/4	0 3 1/2
Картофель	5,068	0 1	0 5 1/4
Жирное мясо	0,555	0 10	0 5 1/4
Сыръ	1,156	0 10	0 11 1/2
Масло	0,693	1 6	1 0 1/2
Тощее мясо	3,532	1 0	3 6 1/
Пэль-эль	9 бут.	0 6	4 6

ЭР01685

Эта таблица ясно показываетъ *дѣйствительную* цѣнность разныхъ родовъ пищи сравнительно другъ съ другомъ, при условіи, что они вполнѣ окисляются, перевариваются и усвоиваются. Но для того, чтобы прійдти къ вѣрному заключенію о практической цѣнности разныхъ родовъ пищи въ разныхъ случаяхъ, слѣдуетъ обратить большое вниманіе на то, въ какой степени они дѣйствительно окисляются и усвоиваются. Недостатокъ мѣста не позволяетъ намъ подробно разсмотрѣть вопросъ о питаніи, но вообще можно сказать, что наименьшее количество пищи, ежедневно необходимой для обыкновеннаго взрослаго человѣка составляетъ 4,900 грановъ углерода (около 673 золотниковъ) и 300 грановъ азота (нѣсколько болѣе 4 золотниковъ) и что такія количества этихъ веществъ находятся въ слѣдующей таблицѣ:

Хлѣба	18	унцій
Масла	1	»
Молока	4	»
Ветчины	2	»
Картофеля	8	»
Капусты	6	»
Сыра	$3^1/_2$	»
Сахара	1	»
Соли	$^3/_4$	»
Воды чистой и въ чаѣ, кофе, пивѣ и проч.	$66^1/_4$	»
Всего .	6 ф. $14^1/_2$ унцій *)	

*) По русскому вѣсу это будетъ:

Хлѣба	около	1 фун.	23	зол.
Масла	»	— »	65	»
Молока	»	— »	27	»
Ветчины	»	— »	13	»
Картофеля	»	— »	53	»

ЭР01685

Не должно смѣшивать той пищи, которая образуетъ и возстановляетъ мускулы и даетъ имъ настоящую силу съ тою, которая доставляетъ силу для временной дѣятельности.

Испытаніе и изслѣдованіе порцій пищи, назначаемыхъ, введенныхъ въ общественныхъ учрежденіяхъ и найденныхъ необходимыми для людей исполняющихъ работы разной трудности, ясно показываетъ, что при очень тяжелой работѣ количество углеродовъ (жира, крахмала, сахара и проч.) должно быть удвоено сравнительно съ количествомъ ихъ необходимымъ для здороваго взрослаго человѣка при умѣренной работѣ, а количество азотистой пищи требуетъ увеличенія только на одну десятую. Относительно процесса ассимиляціи, состоящаго въ томъ, что пища переваривается и часть ея остается въ тѣлѣ какъ запасъ, въ видѣ жира, а часть идетъ на возобновленіе мускульной ткани, надобно замѣтить, что онъ не такъ простъ, какъ обыкновенно полагаютъ. Ассимиляцію нельзя считать прямымъ процессомъ,— жиръ пищи не образуетъ жира въ тѣлѣ, фибринъ въ пищѣ не становится мускуломъ и т. д.; нѣтъ, въ животномъ организмѣ идутъ сложные процессы преобразованія химическихъ соединеній.

Теперь представляется намъ вопросъ о томъ, какъ происходитъ окисленіе пищи, изъ котораго получается вся энергія въ животномъ тѣлѣ. Нѣмецкій ученый Мейеръ первый показалъ, что «мускулъ есть орудіе производящее превращеніе

Капусты	около	—	фун.	40 зол.
Сыра	›	—	›	23 ›
Сахара	›	—	›	65 ›
Соли	›	—	›	5 ›
Воды	›	4	›	54 ›
Всего . . .		7	фун.	59 зол.

ЭР01685

силы, а не матеріалъ подвергающійся превращенію». По новѣйшимъ изслѣдованіямъ этого вопроса оказывается дѣйствительно, что всѣ химическія измѣненія пищи, о которыхъ мы говорили, происходятъ въ мускульномъ веществѣ тѣла при посредствѣ крови. Всѣмъ намъ извѣстны главные факты относительно кровообращенія въ волосныхъ сосудахъ и поддержанія его дѣятельностью сердца. Кровообращеніе служитъ не для одной цѣли, а для очень многихъ и жидкая часть крови несетъ къ мускульнымъ тканямъ продукты пищеваренія въ состояніи, готовомъ къ окисленію. Мелкія красныя тѣльца или шарики, плавающія въ крови, приносятъ съ собою кислородъ, необходимый для окисленія этой пищи и кровь распредѣляется очень тонкими сосудами по поверхности мускульной ткани и внутри ея. Какимъ-то способомъ, еще не вполнѣ понятнымъ по причинѣ трудности изученія этого вопроса на живыхъ существахъ, мускульныя волокна поглощаютъ и приготовленную пищу и кислородъ и въ ихъ веществѣ пища и кислородъ вступаютъ во взаимодѣйствіе другъ съ другомъ.

Но дѣятельность крови не кончается этимъ; кровь уноситъ своимъ обратнымъ теченіемъ вредные продукты окисленія и доставляетъ ихъ въ легкія, гдѣ они приходятъ въ соприкосновеніе со свѣжимъ вдохнутымъ воздухомъ. Здѣсь снова наступаетъ перемѣна, кровь освобождается отъ этихъ вредныхъ продуктовъ, которые выдыхаются вмѣстѣ съ воздухомъ, и поглощаетъ новый запасъ кислорода, который она снова несетъ ко внутреннимъ частямъ тѣла. Такимъ образомъ происходитъ постоянное теченіе кислорода изъ крови къ мускуламъ и углекислоты изъ мускуловъ въ кровь, и кислородъ скопляется въ тканяхъ. Вѣрность этого доказывается тѣмъ фактомъ, что нѣкоторыя животныя, какъ напримѣръ лягушки могутъ выдѣлять углекислоту въ атмосферѣ лишенной кислорода.

Итакъ окисленіе въ тѣлѣ производится самими тканями,

ЭР01685

кровь играетъ только роль перевозчицы, а легкія — мѣсто разгрузки; вся эта работа необходима для поддержанія жизни высшихъ животныхъ. Потому справедливы слова, что «мы живемъ въ мірѣ труда, труда неизбѣжнаго, и что тѣ изъ насъ, которымъ нѣтъ надобности трудиться ради пищи, должны по крайней мѣрѣ въ извѣстномъ смыслѣ трудиться чтобы жить». Относительно способности произвольнаго мускульнаго труда надобно замѣтить, что хотя онъ совершается *подъ управленіемъ воли* и болѣе или менѣе контролируются ею, но свою способность дѣйствовать мускулъ получаетъ не отъ воли, какъ движеніе парахода происходитъ не отъ рулеваго управляющаго имъ. Сила, производящая движеніе парохода, получается отъ химическихъ процессовъ въ печи его паровика (а развиваемая ими сила получена въ свою очередь отъ солнца, какъ мы видѣли въ первой части этой главы) и производимое такимъ образомъ движеніе направляется рулемъ по желанію рулеваго, и контролируется машинистомъ. Подобную же роль играетъ воля относительно энергіи мускульнаго дѣйствія.

Обдумавъ предыдущія страницы, мы увидимъ, что животныя выдѣляютъ какъ результатъ окислительныхъ процессовъ, происходящихъ въ ихъ тѣлѣ, именно тѣ самыя вещества которыя необходимы для пищи растеній: углекислоту, воду и азотистое соединеніе — мочевину, которая быстро переходитъ въ простую амміачную соль. А растенія, подъ вліяніемъ солнечной энергіи, разлагаютъ эти вещества и вырабатываютъ изъ нихъ пищу для животныхъ и все необходимое для ихъ собственнаго роста. Этотъ удивительный круговоротъ часто называютъ «балансомъ органической природы» *) пре-

*) Слѣдующее мѣсто сочиненія Генри Джорджа «Прогрессъ и Бѣдность» (книга II, Населеніе и средства существованія) весьма поучительно въ этомъ отношеніи:

ЭР01685

красный примѣръ такого равновѣсія, — представляетъ хорошо содержащійся акваріумъ, прѣсной или морской воды. Животныя находящіяся въ немъ дышатъ кислородомъ, растворенным въ водѣ и углекислота, происходящая отъ этого, остается въ растворѣ, но тотчасъ же всасывается водяными растеніями; они, въ свою очередь, выдѣляютъ кислородъ; выдѣленіе котораго водяными растеніями, какъ мы говорили,

---

Изъ законовъ неуничтожимости матеріи и сохраненія силы слѣдуетъ, что человѣкъ не можетъ исчерпать или уменьшить силы природы. Производство и потребленіе относительныя понятія. Говоря абсолютно человѣкъ ничего не производитъ и ничего не потребляетъ. Все человѣчество, если бы оно работало до безконечности, не могло бы сдѣлать нашъ вращающійся шаръ тяжеле или легче на одинъ атомъ, не могло бы прибавить ни одной іоты, ни уменьшить на одну іоту сумму силъ, которыя вѣчнымъ круговращеніемъ производятъ все движеніе и поддерживаютъ всякую жизнь. Какъ вода взятая нами изъ океана должна снова вернуться въ океанъ, такъ и пища взятая нами изъ кладовой природы, находится на обратномъ пути въ эту кладовую съ того момента, какъ мы взяли ее. То, что мы извлекли изъ куска земли ограниченной величины, можетъ временно уменьшить производительность этого куска, потому что возвращеніе можетъ послѣдовать для другого куска или, можетъ быть, раздѣлится между этимъ кускомъ земли и другимъ, или даже всею землею; но эта возможность уменьшается съ увеличеніемъ площади куска и прекращается если наши соображенія относятся ко всей поверхности земнаго шара. Изъ этой очевидной истины, что матерія, по крайней мѣрѣ въ границахъ возможнаго для насъ вліянія на нея, остается вѣчной, а сила вѣчно продолжаетъ дѣйствовать, необходимымъ заключеніемъ является выводъ, что земля могла бы столь же легко поддерживать существованіе тысячи милліардовъ людей, какъ и тысячи милліоновъ. Жизнь не истрачиваетъ силъ, которыя поддерживаютъ жизнь. Мы являемся въ міръ матеріи не принося съ собой ничего и ничего не уносимъ съ собою, когда оставляемъ его. Человѣкъ съ физической точки зрѣнія, только временная форма матеріи, измѣнчивая форма движенія. Матерія остается и сила сохраняется. Ничто не уменьшается, ничто не ослабѣваетъ. Изъ этого слѣдуетъ, что границей для населенія земли можетъ быть только граница пространства.

ЭР01685

часто можно замѣчать въ ясный день въ видѣ струи пузырьковъ, поднимающихся къ поверхности воды. Такимъ образомъ вода можетъ постоянно оставаться свѣжею.

Мы кончили теперь изложеніе мыслей о томъ спеціальномъ предметѣ, разъясненіе котораго было поставлено цѣлью нашей книги, объясненіе переходовъ энергіи изъ одной формы въ другую, безъ уменьшенія суммы ея; разборъ взаимныхъ отношеній между такъ называемыми силами природы. Мы должны, какъ мы видѣли, думать, что энергія, подобно матеріи неуничтожима и что общее количество во вселенной неизмѣнно, не можетъ ни увеличиться, ни уменьшиться. Мы знаемъ, что «существуютъ другіе солнцы, изливающіе на свои системы планетъ энергію, подобно нашему солнцу; но этимъ не нарушается законъ, открывающій намъ неизмѣнность среди измѣненій, признающій передачу или преобразованіе, безъ увеличенія или потери въ общей суммѣ. Этотъ законъ обобщаетъ афоризмъ Соломона, что «нѣтъ ничего новаго подъ солнцемъ», научая насъ открывать повсюду, подъ безконечнымъ разнообразіемъ проявленій, одну и ту же первобытную силу. Ничто не можетъ быть прибавлено къ природѣ, ничто отнято у нея; сумма ея энергій постоянна, и все, что можетъ человѣкъ сдѣлать, изслѣдуя физическую истину или прилагая къ дѣламъ жизни физическое знаніе, состоитъ лишь въ перемѣщеніи составныхъ частей вѣчно-неизмѣннаго цѣлаго. Законъ сохраненія строго исключаетъ и сотвореніе и уничтоженіе. Потокъ энергіи вѣчно все одинъ и тотъ же. Онъ струится музыкальнымъ ритмомъ изъ вѣка въ вѣкъ, и вся энергія земнаго шара, всѣ проявленія жизни на немъ, вся игра явленій на немъ лишь модуляціи этого ритма» (Тиндаль).

Первымъ натуралистомъ, обратившимъ въ Англіи вниманіе на ученіе о соотношеніи физическихъ силъ былъ сэръ

ЭР01685

Уильямъ Гровъ (Grove), трудъ котораго, озаглавленный этими самыми словами «Соотношеніе силъ» остается до сихъ поръ однимъ изъ лучшихъ трактатовъ по предмету, изслѣдуемому въ немъ. Но, безспорно, эту истину одновременно съ нимъ индуктивно видѣли другіе ученые, особенно Джоуль и Майеръ (гейльброннскій). Перечислять имена тѣхъ, трудами которыхъ дано этому ученію незыблемое основаніе, было бы дѣломъ обиднымъ для тѣхъ, о комъ не было бъ упомянуто, и неумѣстнымъ въ нашей книгѣ, которая должна быть лишь краткимъ очеркомъ, а не исторіею своего предмета. (Трактатъ профессора Бэльфора Стьюарта «О сохраненіи энергіи» и лекціи Фэрэдэ «О силахъ природы»).

Въ послѣднемъ отдѣлѣ своего трактата «О сохраненіи и непрерывности силъ», сэръ Уильямъ Гровъ говоритъ:

«Пересматривая изслѣдованныя нами разнообразныя отношенія между силами природы, мы приходимъ къ мысли, что когда возбуждена или вообще существуетъ которая нибудь изъ нихъ, то возбуждаетъ дѣйствованіе и всѣхъ другихъ. Напримѣръ, когда мы электризуемъ сульфатъ антимонія, въ въ моментъ *электризаціи* это тѣло становится *магнетическимъ* и магнитные полюсы его принимаютъ направленіе по линіи пересѣкающей подъ прямыми углами линію электрическаго тока; съ тѣмъ вмѣстѣ оно *нагрѣвается*, пропорціональной интенсивности электрическихъ силъ. Если эта интенсивность повысится до извѣстной степени, сульфатъ становится свѣтящимся, то есть, производится *свѣтъ*; сульфатъ расширяется, слѣдовательно производится *движеніе*, и онъ разлагается, то есть, производится *химическое дѣйствіе*. Это сильный аргументъ въ пользу теоріи, считающей всѣ эти силы *формами движенія*».—Въ другомъ мѣстѣ своего трактата, сэръ Уильямъ Гровъ говоритъ: «слѣдя какую нибудь силу по направленію состояній предшествующихъ данному ея

ЭР01685

состоянію, мы погружаемся въ безконечность видоизмѣненій формъ силы, и на какой нибудь эпохѣ этого прошлаго теряемъ слѣдъ ея, не потому, что она была создана тогда или когда нибудь, а потому, что она разлагается на такое множество содѣйствующихъ ея проявленію силъ, что перестаетъ быть очевидною для нашихъ чувствъ или для нашей способности замѣчать ее».

И такъ, обзоръ разныхъ формъ энергіи въ природѣ показалъ намъ:

1) Когда какая нибудь изъ формъ энергіи возбуждаетъ или вообще существуетъ, приводятся въ дѣйствованіе многія другія; слѣдовательно, надобно полагать, что всѣ онѣ—разные виды движенія;

2) Каждая форма энергіи можетъ, прямо или черезъ посредствующія формы, быть преобразована во всякую другую;

3) Ни одна изъ нихъ не можетъ быть произведена ничѣмъ инымъ, кромѣ предшествующаго ея проявленію проявленія другой;

4) Всѣ онѣ дѣйствуютъ неизмѣнными способами, то есть, по постояннымъ законамъ.

Выраженіе «законъ природы» означаетъ въ научномъ языкѣ только то, что въ данномъ рядѣ явленій одно явленіе неизмѣнно слѣдуетъ за другимъ, и что эта послѣдовательность не есть результатъ непосредственнаго дѣйствія какой нибудь личной воли.

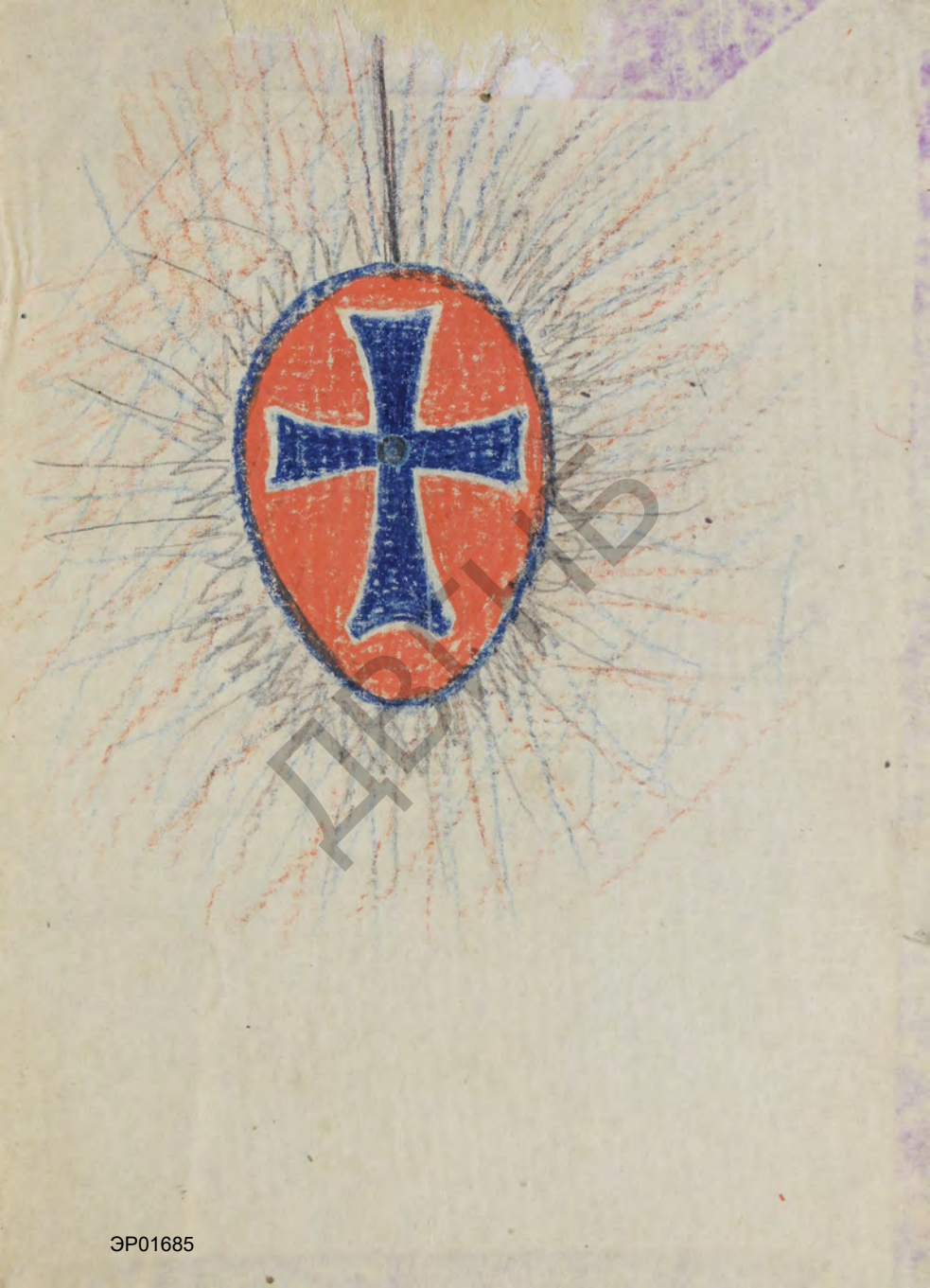
ЭР01685

ДВГНБ

ЭР01685

ДВГНБ

ЭР01685



ДВГНБ

ЭР01685

ЭР01685