

Вильгельмъ Оствальдъ.

КОЛЕСО ЖИЗНИ.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКІЯ ОСНОВЫ
== ПРОЦЕССОВЪ ЖИЗНИ. ==

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей
В. С. Елпатьевского,



МОСКВА.
Книгоиздательство „НАУКА“.
1912.

Вильгельмъ Оствальдъ.

КОЛЕСО ЖИЗНИ.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКІЯ ОСНОВЫ
== ПРОЦЕССОВЪ ЖИЗНИ. ==

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей
В. С. Елпатьевскаго.



МОСКВА.
Книгоиздательство „НАУКА“.

1912.



Типо-литогр. Т-ва И. Н. КУШНЕРЕВЪ и К^о. Пименовская улица, с. д.
Москва—1912.

ОТЪ РЕДАКЦІИ.

Имя автора предлагаемой въ русскомъ переводѣ книги говоритъ само за себя. Поборникъ энергетическаго міровоззрѣнія, завоевавшего теперь широкіе круги научно мыслящихъ людей, онъ и въ настоящей книгѣ сводитъ проявленія жизни къ измѣненію формъ энергіи; крайняя же простота изложенія дѣлаетъ эту книгу доступной и для лицъ, не обладающихъ спеціальными свѣдѣніями изъ области наукъ о природѣ. Такимъ образомъ „Die Mühle des Lebens“, въ русскомъ изданіи озаглавленная „Колесо жизни“, должна послужить для ознакомленія широкихъ слоевъ общества съ основами энергетическаго міросозерцанія.

СОДЕРЖАНІЕ:

	<i>Стр.</i>
Глава I. О времени	1
„ II. Жизнь какъ химическій процессъ	6
„ III. Основныя понятія химіи	8
„ IV. Процессъ сгорания	16
„ V. Объ элементахъ	22
„ VI. Кислородъ	26
„ VII. Углеродъ и водородъ	30
„ VIII. Сгораніе углерода въ живомъ существѣ	33
„ IX. Колесо жизни	38
„ X. Объ энергіи	42
„ XI. Механическая энергія	49
„ XII. Теплота	53
„ XIII. Другіе виды энергіи	59
„ XIV. Химическая энергія	66
„ XV. Водородъ и кислородъ	79
„ XVI. Фосфоръ, калій и другіе элементы	90
„ XVII. Заключение и обзоръ	95

ГЛАВА I.

О времени.

Течение времени мы можемъ представить себѣ въ двухъ въ корнѣ отличныхъ другъ отъ друга образахъ и символически изобразить его какъ колесо, или кругооборотъ, времени и какъ потокъ времени. Выраженіе потокъ времени указываетъ на то, что время — нѣчто непрерывно продолжающееся, подобное линіи. И въ древнихъ мифологіяхъ, какъ греческихъ, такъ и германскихъ, теченіе времени олицетворяется нитью, которую прядутъ парки или норны. И въ нашихъ календаряхъ, показывающихъ раздѣленіе и теченіе времени, эта характерная для времени непрерывная текучесть выражается тѣмъ, что слѣдующіе другъ за другомъ дни снабжены послѣдовательными числами, отличающимися дни другъ отъ друга, что мѣсяцы слѣдуютъ другъ за другомъ въ опредѣленномъ порядкѣ и что, наконецъ, и весь годъ снабженъ своимъ опредѣленнымъ числомъ, увеличивающимся съ каждымъ годомъ на одну единицу.

Во всѣхъ этихъ образахъ время, несомнѣнно, представляется какъ нѣчто, идущее впередъ; и эта его особенность наглядно подтверждается тѣмъ, что случившееся однажды никогда не повторяется больше въ той же формѣ, что міръ безпрестанно мѣняется. Если Шиллеръ утверждаетъ, что „все повторяется только въ жизни“, то это поэтической оборотъ, отнюдь не выражающій сущности вопроса, а касающійся лишь нѣкоторой второстепенной стороны и по свойственной поэтамъ привычкѣ преувеличивающій ее.

Съ другой стороны, нельзя отрицать, что представленіе о времени какъ о постоянномъ возвращеніи нѣкоторыхъ явленій тоже имѣетъ нѣкоторое значеніе. Каждый взглядъ на часы подтверждаетъ эту характерную особенность времени. Циферблатъ представляетъ собою кругъ, по которому движутся стрѣлки, принимающія черезъ каждые двѣнадцать часовъ снова то же взаимное положеніе и изображающія поступательное теченіе времени соотвѣтствующимъ числомъ все смѣняющихся явленій. Это характеризуетъ время, въ противоположность выше описанному свойству его, какъ нѣчто возвращающееся, или періодическое. И это періодическое возвращеніе—не только механическое вспомогательное средство для преодоленія технической трудности созданія бесконечно длинной нити или ленты, измѣряющей время лишь въ первомъ смыслѣ. Это явствуетъ изъ того, что вѣдь и независимо отъ насъ, движеніемъ земли вокругъ своей оси и вокругъ солнца, двоякимъ періодическимъ возвращеніемъ дня и года, наше текущее время непрерывно дѣлится на равныя части.

Правда, равенство этихъ частей только относительное; вѣдь мы достоверно знаемъ, что хотя средняя длина астрономическаго дня—величина постоянная, дѣйствительная длина дня мѣняется, т.-е. что между однимъ высшимъ стояніемъ солнца и слѣдующимъ существуетъ разница—то большая, то меньшая. Кромѣ длины дня мѣняются и его остальные свойства. Такъ, одинъ день пасмурный и дождливый, другой—ясный и солнечный; нынче солнце лишь короткое время надъ горизонтомъ, черезъ нѣкоторое время оно свѣтитъ гораздо дольше. Мы знаемъ также, что и годы не одинаковы, хотя теоретически продолжительность ихъ уравниваютъ. Дѣло въ томъ, что годъ на дни нельзя раздѣлить безъ остатка. Поэтому черезъ каждые четыре года мы должны прибавлять къ году по одному дню, для того, чтобы возстановить соотвѣтствіе между нашимъ календаремъ и движеніемъ солнца,—и эта поправка черезъ каждое столѣтіе требуетъ новаго исправленія.

Разницѣ въ состояніи погоды подвержены не только отдельные дни, но и годы; вѣдь бываютъ у насъ урожайные и неурожайные, сухіе или дождливые годы, съ холодными или теплыми зимами, — все различія, не подчиненныя закону періодичности, а имѣющія независимый характеръ.

Но развѣ возможно, чтобы одно и то же явленіе, время, проявляло столь противоположныя качества?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ слѣдующій: ни одно изъ этихъ двухъ качествъ не является исключительнымъ свойствомъ времени. Правда, время, по существу своему, несомнѣнно текуче, подобно рѣкѣ, и вполне правильно и обосновано утвержденіе, что разъ бывшее не повторяется вновь. Но если время цѣликомъ и не возвращается никогда, если никогда не повторяются въ точности прошедшія событія, то мы все же знаемъ, что частичное возвращеніе весьма обычно. Такъ, напр., періоды дней и лѣтъ несомнѣнно представляютъ собою частичное возвращеніе. Поэтому мы измѣряемъ время часами — олицетвореніемъ полного возвращенія — и представляемъ себѣ эти повторяющіеся періоды соединенными въ непрерывный рядъ, такъ что въ итогѣ получается опять-таки характеръ текучести времени.

Съ проблемой этого своеобразнаго двойственнаго характера времени мы встрѣчаемся уже въ древнѣйшихъ философскихъ стремленіяхъ воспринять совокупность всего существующаго. Наши научныя представленія о происхожденіи и эволюціи міра безусловно основаны на понятіи о текучести времени. По этимъ понятіямъ нашъ земной шаръ, какъ таковой, несчетные милліоны лѣтъ тому назадъ еще не существовалъ. Мы предполагаемъ, что въ тѣ времена вся солнечная система была еще въ состояніи большого газообразнаго или туманнаго шара. Центръ этого шара сгустился и образовалъ ядро, силой вращенія отбросившее въ свою очередь отъ своей периферіи куски, которые и образовали планеты. Эти оторвавшіеся куски по закону внутренняго тяготѣнія въ свою очередь оформились въ шары,

сопровожаемые при своемъ вращеніи меньшими кусками—лунами.

Здѣсь не мѣсто рѣшать, насколько эти представленія соотвѣтствуютъ истинѣ. Не будемъ также ломать себѣ головы надъ вопросомъ, возможенъ ли конецъ всего міра, предсказанный на основаніи совершенно иныхъ соображеній, — возможна ли такъ называемая тепловая смерть вслѣдствіе существующей тенденціи къ полному уравнию температуры. Вѣдь мы знаемъ, что чѣмъ отдаленнѣе показанія, — по отношенію ли къ прошлому, или къ будущему, — тѣмъ недостовѣрнѣе становятся они въ научномъ смыслѣ, тѣмъ осторожнѣе должны быть утвержденія наши о давно прошедшемъ и далекомъ будущемъ. Но что и другая возможность, періодическое повтореніе всѣхъ явленій, не лежитъ внѣ границъ человѣческаго мышленія и вѣры, объ этомъ учитъ насъ, на примѣръ, философская теорія о вѣчномъ возвратѣ явленій, новѣйшимъ изложеніемъ которой мы обязаны Фридриху Ницше. Тотъ эмпирическій фактъ, что въ нашей реальной жизни такъ многое повторяется періодически, быть можетъ, наряду съ нѣкоторой метафизической потребностью во что бы то ни стало, хоть сколько-нибудь быть причастнымъ къ безконечности бытія, привели этого самостоятельнаго и безстрашнаго мыслителя къ тому заключенію, что въ дѣйствительности не существуетъ текущаго впередъ времени, и что все, воспринимаемое нами, какъ таковое, на самомъ дѣлѣ оказывается ничѣмъ инымъ, какъ обрывками гигантскаго періода; и что, по истеченіи какого-либо очень долгаго срока, міръ снова возродится для тѣхъ же точно явленій и констелляцій, какія существовали уже милліоны лѣтъ тому назадъ.

У насъ нѣтъ достаточнаго научнаго основанія для того, чтобы считать такое пониманіе вѣрнымъ. Мы упомянули о немъ лишь для того, чтобы показать, какое значеніе имѣли въ философіи эти два, нѣсколько противорѣчивыя, свойства времени.

Разгадка этих затруднений и противоречий заключается в том, что понятие, называемое нами попросту временем, в сущности представляет собою чрезвычайно сложную совокупность весьма разнообразных времен. Дело в том, что так как каждый ряд событий, протекающих рядом, независимо (или отчасти зависимо) друг от друга, обуславливает свое собственное время, то возникает вопрос,—как из этого вообще может создаться одно общее время? И если всё эти, текущие многообразными рядами времена кажутся нам единым, однородным, текущим по одному направлению временем, то это зависит только от свойства нашего мышления, по которому наше сознание одновременно способно воспринять лишь единичную мысль, единичное явление, одну определенную сторону сложного события, в то время как остальные „одновременные“ явления отчасти лишь туманно достигают до нашего сознания, отчасти совершенно ускользают от него. Среди этих рядом текущих явлений мы видим болѣе или менѣе приближающіяся къ идеалу точнаго повторенія и, наоборот, находимъ другія, безусловно отличающіяся характеромъ непрерывнаго теченія впередъ. Къ идеалу повторенія чрезвычайно приближаются, напримѣръ, астрономическія явленія. Въ солнечной системѣ движеніе планетъ вокругъ центральнаго тѣла и движеніе лунъ вокругъ ихъ планетъ происходитъ, практически говоря, вполне периодически. Правда, эти періоды покрываютъ другъ друга, такъ какъ каждое тѣло движется въ своемъ собственномъ періодѣ времени, но каждое изъ этихъ движеній само по себѣ строго периодически. Совершенно противоположно проходитъ циклъ жизни растений и животныхъ. Онъ безусловно отличается поступательнымъ характеромъ. Отъ единичнаго, безконечно малаго клѣточного начала организмъ эволюціонируетъ и прогрессируетъ, достигаетъ максимума продуктивности и жизненной энергии, послѣ чего наступаетъ медленный упадокъ и, наконецъ, смерть.

Совокупность этихъ многообразныхъ теченій времени и представляетъ собою сложное и трудное понятіе единого времени, о которомъ мы стараемся дать себѣ отчетъ съ помощью двухъ главныхъ формъ его — чисто поступательной и чисто періодической.

ГЛАВА II.

Жизнь какъ химическій процессъ.

Оба элемента—поступательнаго времени и времени повторяющагося, или періодическаго,—мы встрѣчаемъ и въ тѣхъ явленіяхъ, которыми мы въ настоящей работѣ собираемся основательнѣе заняться. Въ наше время даже профану знакомо понятіе о кругооборотѣ веществъ. Онъ знаетъ, что животныя (и человѣкъ вмѣстѣ съ ними) поддерживаютъ жизнь растительной пищей, а растенія въ свою очередь существуютъ и растутъ на счетъ остатковъ жизнедѣятельности животныхъ. И кажется, будто эти двѣ большія группы живыхъ существъ взаимно обезпечиваютъ другъ другу нѣчто вродѣ вѣчной жизни. Съ одной стороны, существованіе достаточнаго количества растеній обезпечиваетъ существованіе достаточнаго количества животныхъ; съ другой стороны, наоборотъ, существованіе достаточнаго количества животныхъ благопріятствуетъ дальнѣйшему росту растительнаго міра. И мы въ состояніи представить себѣ, что, благодаря такой взаимопомощи, на земномъ шарѣ можетъ возникать и существовать неограниченное количество животныхъ и растеній, такъ какъ одни постоянно снабжаютъ другихъ матеріаломъ для ихъ жизни и роста.

Въ дѣйствительности же мы наблюдаемъ тотъ фактъ что, практически говоря, всюду, гдѣ человѣкъ не вмѣшивается со своей раціональной дѣятельностью, сохраняется постоянное равновѣсіе между животной и растительной

жизнью, которое отнюдь не соответствует границѣ пространственно возможнаго, а наоборотъ, часто имѣетъ очень плачевный результатъ по отношенію къ совокупности живыхъ существъ. Изъ этого мы принуждены заключить, что существующаго фактически кругооборота веществъ между животнымъ царствомъ и царствомъ растительнымъ недостаточно для обезпеченія постоянного существованія, а еще менѣе—постояннаго подъема жизни обѣихъ сторонъ. Наоборотъ, мы должны будемъ признать, что въ послѣдней инстанціи общая сумма жизни какъ растений, такъ и животныхъ зависитъ отъ причинъ, лежащихъ внѣ этого кругооборота и, повидимому, имѣющихъ поступательный или односторонній характеръ.

Надо съ самаго начала признать вѣрность предположенія, что кромѣ и независимо отъ кругооборота веществъ существуетъ еще односторонній и поступательный процессъ, отъ котораго жизнь и оказывается безусловно зависимою.

Это явленіе очень извѣстно; уже много тысячъ лѣтъ тому назадъ оно властно захватывало вниманіе и знаніе человѣчества. Мы знаемъ, что растенія растутъ не на любомъ мѣстѣ, въ любое время и не при любыхъ условіяхъ, что для развитія растеній необходимо еще нѣчто другое,—а именно солнечный свѣтъ. Мы знаемъ, что только лѣтомъ, когда солнце гораздо продолжительнѣе стоитъ надъ горизонтомъ и гораздо интенсивнѣе освѣщаетъ поверхность земной коры, растеніе развивается во всей своей пышности и красотѣ. Мы знаемъ, что и самыя пышныя растенія чахнутъ и, наконецъ, погибаютъ, если они продолжительное время лишены солнечнаго свѣта. Изъ этого необходимо заключить, что жизнь растенія безусловно зависитъ отъ солнечнаго свѣта. О животныхъ мы того же самаго утверждать не можемъ. Намъ извѣстенъ цѣлый рядъ животныхъ, живущихъ не только безъ солнечнаго, но и вообще безъ всякаго свѣта. Нѣкоторыя животныя—безусловно ночныя созданія; они боятся дневнаго свѣта, и вся жизнь и дѣятель-

ность ихъ проходить во мракѣ. Есть живыя существа, которыя живутъ въ подземныхъ пещерахъ и въ нѣдрахъ земли, куда никогда не проникаетъ свѣтъ солнечныхъ лучей. Изъ этого съ несомнѣнностью вытекаетъ, что существованіе животныхъ не зависитъ отъ солнечнаго свѣта, тогда какъ существованіе растений зависитъ отъ него. Это указываетъ на совершенно опредѣленное, одностороннее отношеніе свѣта къ условіямъ жизни этихъ двухъ группъ органическаго міра. И это различіе оказывается на самомъ дѣлѣ весьма существеннымъ для пониманія всей совокупности жизни.

Итакъ, обратимся теперь къ точному изслѣдованію жизненныхъ явленій и прежде всего ознакомимся съ главными вопросами, касающимися ихъ.

Извѣстно, что во время роста растений вещества, находящіяся въ землѣ, въ водѣ и въ воздухѣ, переходятъ въ составныя части растительнаго организма, принимая при этомъ совершенно иныя свойства; какъ говоритъ естествознаніе, мы тутъ имѣемъ дѣло съ химическими процессами. Химическими процессами мы называемъ такіе, при которыхъ извѣстныя вещества исчезаютъ, а на ихъ мѣстѣ возникаютъ иныя, обладающія иными качествами. Мы знаемъ много химическихъ процессовъ. Сгораніе дерева и каменнаго угля, ржавчина желѣза, прокисаніе вина и пива и подобныя безчисленныя многообразныя измѣненія вѣсомыхъ веществъ, безпрестанно совершающіяся у насъ на глазахъ во всемъ окружающемъ насъ мірѣ,—все это химическіе процессы.

ГЛАВА III.

Основныя понятія химіи.

Химическіе процессы подчинены опредѣленнымъ и по большей части уже въ точности извѣстнымъ законамъ. Эти законы намъ и слѣдуетъ прежде всего подвергнуть

общему обзору для того, чтобы понять особенности химических процессов, происходящих внутри растительных организмовъ.

Окружающій насъ міръ состоитъ изъ чрезвычайно разнообразныхъ отдѣльныхъ частей, представляющихъ собою совокупность вѣсомыхъ тѣлъ. Наше собственное тѣло — также часть въ окружающей его средѣ и всѣ объекты, съ которыми мы безпрестанно соприкасаемся, отъ которыхъ зависитъ наша жизнь и дѣятельность, также представляютъ собою отдѣльныя части. Таковъ карандашъ въ моей рукѣ, которымъ я пишу эти слова, бумага, на которую я заносу ихъ, потомъ литеры въ рукахъ наборщика и, наконецъ, книга, передающая читателю мою мысль.

Все это многообразіе частей, или тѣлъ, можно разсматривать съ разнообразнѣйшихъ точекъ зрѣнія. Такъ, напр., одинъ, смотря на извѣстный предметъ, скажетъ: „вѣдь это часть античной колонны“; другой: „это цилиндръ“, а третій: „это известъ“. Первый — археологъ, второй — геометръ, а третій — химикъ. Первый разсматриваетъ данный предметъ какъ продуктъ человѣческой дѣятельности, стараясь опредѣлить, къ какой эпохѣ исторіи культуры человечества принадлежитъ онъ. Второй обращаетъ вниманіе на внѣшнюю форму предмета и причисляетъ его къ одному изъ различныхъ типовъ, подъ которые геометрія подводитъ правильныя фигуры. Третій, наконецъ, видитъ въ немъ вещество; онъ не задаетъ вопроса, откуда происходитъ предметъ и какова его внѣшняя форма, а спрашиваетъ лишь, какими особыми или какими видовыми качествами отличается онъ. Подъ особыми или видовыми качествами мы разумѣемъ такія, когда каждой отдѣльной частичкѣ предмета присущи тѣ же качества, что и всему предмету Химикъ скажетъ: это бѣлое вещество, съ блестящей поверхностью, не слишкомъ твердое и поэтому ломкое; если облить отдѣльные кусочки его соляной кислотой, то они зашипятъ, т.-е. выдѣлятъ газъ,

и при этомъ растворяются. Очевидно, что этими и еще безчисленными другими качествами обладаетъ каждая частичка такого тѣла, и такія-то качества и разумѣетъ химикъ, называя какое-либо тѣло внѣшняго міра „веществомъ“. Мы назвали такія качества качествами видовыми и поэтому скажемъ, что химія занимается тѣлами постольку, поскольку дѣло касается ихъ видовыхъ качествъ; съ этой-то точки зрѣнія она и называетъ тѣла веществами.

Тѣла бываютъ двоякаго рода: или они цѣликомъ и каждая отдѣльная частица ихъ обнаруживаютъ одинаковыя видовыя качества, какъ, напр., кусокъ извести, о которой выше шла рѣчь, или же обладаютъ такими свойствами, что разныя части ихъ отличаются разными видовыми качествами. Къ послѣднимъ въ большинствѣ случаевъ принадлежитъ любой поднятый съ земли и внимательно разсмотрѣнный нами камень. Почти всегда оказывается, что этотъ камень состоитъ изъ кусочковъ весьма разнообразнаго вида. Существуютъ, конечно, и однородные, или гомогенные, камни, какъ, напр., бѣлый мраморъ или кварцъ.

Дальше намъ легко убѣдиться, что неоднородные камни—не что иное, какъ массы, состоящія изъ двухъ, трехъ или большаго числа опредѣленныхъ однородныхъ веществъ, механическимъ путемъ отдѣлимыхъ другъ отъ друга. Представимъ себѣ такой камень, разбитый на столь маленькіе кусочки, что каждый изъ нихъ окажется только изъ одного вещества. Соберемъ въ отдѣльныя кучки, напр., всѣ черныя кусочки, всѣ красныя и всѣ желтыя, всѣ блестящія и всѣ матовыя. И вмѣсто первоначальной смѣси мы получимъ цѣлый рядъ разныхъ однородныхъ веществъ. Ибо каждая кучка состоитъ изъ тѣлецъ, обладающихъ безусловно одинаковыми видовыми качествами, т.-е. представляющими собою несомнѣнно то, что мы называемъ веществомъ.

Процессъ, только что мысленно продѣланный нами,—про-

стѣйшая форма разложенія, или анализа. Это конечно еще не химическое, а чисто механическое отдѣленіе находящихся рядомъ веществъ, образованіе изъ смѣси ряда однородныхъ веществъ.

Но отнюдь не всѣ вещества, какъ по молчаливому соглашенію до сихъ поръ предполагалось,—вещества твердыя существуютъ и жидкости, отличающіяся тѣми же отличительными признаками, т. - е. что каждый особый видъ жидкости имѣетъ и свои особыя видовыя качества, присущія только ему и не присущія другимъ видамъ жидкости. Такъ, вода въ жидкомъ видѣ имѣетъ иной видъ, иной вкусъ, иную плотность, нежели ртуть или спиртъ въ жидкомъ видѣ; очевидно, между жидкими веществами существуютъ такія же различія, какъ и между только что разсмотрѣнными нами твердыми веществами.

А втретыхъ, существуютъ еще и газообразныя вещества. Они невидимы для глаза, и поэтому долгое время не имѣлось яснаго представленія объ ихъ существованіи, пока, наконецъ, не научились смотрѣть на нихъ, какъ на классъ веществъ, безусловно равный классу твердыхъ и жидкихъ веществъ. Въ настоящее время, когда, напр., свѣтильный газъ сталъ постояннымъ спутникомъ нашей повседневной жизни, мы привыкли различать разные газы, какъ различныя вещества. Но что подраздѣленіе газообразныхъ веществъ не такъ просто,—въ этомъ легко убѣдиться, открывъ кранъ газопровода. Мы видимъ, напр., воду, вытекающую изъ открытаго крана водопровода, но въ этомъ случаѣ рѣшительно ничего не видимъ. Правда, съ помощью особыхъ, довольно сложныхъ приспособленій, можно увидѣть такое истеченіе газа, но сложность требуемыхъ при опытѣ приспособленій именно и показываетъ, какъ трудно этого достигнуть. Этимъ объясняется, почему въ исторіи химіи потребовалось столь много времени, чтобы признать газъ особымъ видомъ вещества, и почему профанъ до сихъ поръ съ трудомъ соглашается, когда говорятъ о

газъ какъ о тѣлѣ или веществѣ. Но такъ какъ газъ всегда занимаетъ извѣстное пространство (въ большинствѣ случаевъ, правда, ограниченное твердымъ или жидкимъ тѣломъ) и постоянно обладаетъ опредѣленнымъ, хотя сравнительно малымъ вѣсомъ, то и имѣетъ право называться тѣломъ и веществомъ, такъ какъ двумя вышеназванными отличительными признаками опредѣляются вещества и тѣла.

Вещества, какъ твердыя, такъ и жидкія и газообразныя, мы часто можемъ превращать одно въ другое, причемъ мѣняются и видовыя качества ихъ. Простѣйшія явленія такого рода мы видимъ на примѣрѣ воды, на морозѣ превращающейся въ твердое вещество, а именно, въ ледъ, а при нагрѣваніи—въ газообразное, въ водяной паръ. Тутъ, значитъ, жидкая вода исчезаетъ, а вмѣсто нея образуется въ одномъ случаѣ твердое вещество, а въ другомъ—газообразное. Это называется химическимъ процессомъ, а именно, химическимъ процессомъ наименѣе простымъ, столь простымъ, что потребовалось долгое время, раньше чѣмъ вообще рѣшились признать его за таковой. За послѣднее время, однако, признали, что тѣ законы, которымъ подчинены эти превращенія,—законы всеобщіе, потому что они представляютъ собою простѣйшіе случаи всеобщихъ законовъ, дѣйствительныхъ для несомнѣнно химическихъ процессовъ, и поэтому сочли за лучшее включить ихъ въ рядъ таковыхъ.

Какъ жидкую воду, понижая температуру, можно превратить въ твердый ледъ и, повышая ее, въ газообразный водяной паръ, такъ же точно можно поступить и со всѣми остальными веществами. Всѣ жидкости затвердѣваютъ при надлежащей низкой температурѣ и закипаютъ или превращаются въ паръ, при надлежащей высокой температурѣ. Согласно съ этимъ мы имѣемъ полное право сказать, что всѣ твердыя тѣла можно расплавить, или превратить въ жидкость, повышая температуру до опредѣ-

ленного градуса; а всѣ газообразныя вещества въ свою очередь становятся жидкими при соответствующемъ пониженіи температуры. Это общее положеніе оправдалось по отношенію ко всѣмъ отдѣльнымъ веществамъ, съ тѣхъ поръ какъ, за послѣднія десятилѣтія, предѣлы достижимой температуры были сильно раздвинуты.

Итакъ, въ принципѣ каждую жидкость можно превратить въ твердое вещество, каждое твердое вещество въ жидкость, каждую жидкость въ газъ и каждый газъ въ жидкость. И порядокъ превращенія всегда будетъ однимъ и тѣмъ же. Низкія температуры обуславливаютъ твердое состояніе тѣла, болѣе высокія температуры—жидкое и самыя высокія—газообразное. Въ послѣднемъ случаѣ, при превращеніи жидкостей въ газъ, рѣшающее значеніе имѣетъ еще и давленіе. Чѣмъ незначительнѣе давленіе, тѣмъ ниже будетъ температура, необходимая для перехода жидкости въ газъ, и наоборотъ.

Наконецъ, надо упомянуть, что твердыя тѣла могутъ превращаться и непосредственно въ газъ, безъ промежуточной стадіи жидкости. Это происходитъ особенно легко при очень низкомъ давленіи. Вѣдь съ пониженіемъ давленія понижается и температура, допускающая переходъ веществъ въ твердую форму; поэтому надлежащимъ пониженіемъ давленія во многихъ случаяхъ можно вызвать условія, при которыхъ твердое тѣло испарится, безъ предварительнаго превращенія путемъ нагрѣванія въ жидкость.

На этихъ простѣйшихъ химическихъ процессахъ, определяемыхъ, какъ переходъ изъ одного состоянія въ другое, мы устанавливаемъ прежде всего нѣкоторые важные и общіе законы, которымъ подчинены не только измѣненія состояній, но и всѣ остальные химическіе процессы.

Первый законъ—это законъ сохраненія вѣса. Столѣтъ тому назадъ, въ періодъ живѣйшихъ споровъ о томъ, вещество ли теплота, или нѣчто другое, одинъ изслѣдователь (Румфордъ) произвелъ слѣдующій опытъ: онъ за-

морозиль въ бутылкѣ опредѣленное количество воды и ледъ этотъ взвѣсилъ тщательнымъ образомъ на очень точныхъ вѣсахъ. Потомъ поставилъ бутылку въ тепло и далъ растаивать льду. Уже въ тѣ времена знали, что при превращеніи льда въ воду ледъ воспринимаетъ значительное количество теплоты. Значить, въ водѣ заключалось не только вещество льда, превратившагося въ воду, но и сверхъ того большое количество теплоты, поглощенной льдомъ при таяніи. Взвѣшиваніе жидкой воды производилось такъ же тщательно и точно, какъ взвѣшиваніе льда. Оказалось, что поглощеніе большого количества теплоты не произвело никакого измѣненія въ вѣсѣ. Изъ этого Румфордъ заключилъ, что теплота не можетъ быть веществомъ, потому что считалъ, что въ понятіе о веществѣ необходимо входитъ наличность вѣса.

Для насъ этотъ опытъ имѣетъ цѣнность съ другой точки зрѣнія. Мы выводимъ изъ него заключеніе, что съ химическимъ превращеніемъ, подобнымъ тому, который происходитъ между льдомъ и водою, не сопряжена перемѣна въ вѣсѣ.

Вопросъ, относится ли этотъ законъ только къ простымъ химическимъ превращеніямъ, или и къ другимъ, разрѣшается тоже эмпирически. Скончавшійся недавно превосходный химикъ Ландольтъ далъ на этотъ вопросъ исчерпывающій для нашего времени отвѣтъ рядомъ болѣе чѣмъ десятилѣтнихъ опытовъ, произведенныхъ съ безконечнымъ терпѣніемъ при помощи самыхъ точныхъ измѣрительныхъ приборовъ, какіе даетъ современная техника. Какъ ни точны были его опыты и какъ ни разнообразны комбинаціи химическихъ процессовъ, онъ не могъ установить ни малѣйшаго измѣненія въ вѣсѣ.

Измѣренія производились слѣдующимъ образомъ: вещества, вызывающія при взаимодействіи химическіе процессы, герметически запаивались въ стеклянныхъ сосудахъ, причемъ они могли притти въ соприкосновеніе и повліять другъ на

друга лишь тогда, когда перевертывался сосудъ. На рис. 1 мы видимъ такой сосудъ. Двѣ открытыя сверху трубки, черезъ которыя вводились въ сосудъ вещества, служащія для опыта, тщательно потомъ запаивались. Прежде всего, пока вещества еще были раздѣльны, два такихъ стеклянныхъ сосуда, одинаковыхъ по объему, вѣсу и содержанію, выравнивались на вѣсахъ. Послѣ этого одинъ изъ сосудовъ перевертывался, вслѣдствіе чего происходилъ химическій процессъ, и снова сличался вѣсъ. Затѣмъ опрокидывался второй сосудъ, въ немъ тоже происходилъ химическій процессъ, и опять производилось сравненіе вѣса. Самыя тщательныя наблюденія показали, что если въ вѣсѣ двухъ сосудовъ до перваго взвѣшиванія не было никакой разницы,—не было ея и послѣ второго опыта, и также послѣ третьяго. Это значитъ, что никакой химическій процессъ не способенъ какъ-либо измѣнить вѣса участвующихъ въ немъ веществъ.

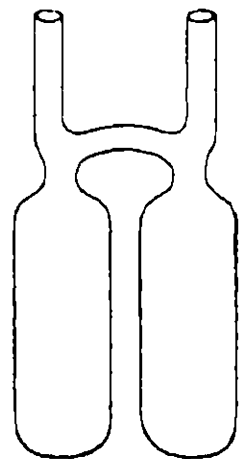


Рис. 1.

Это законъ всеобщій и въ наукѣ называется закономъ сохраненія вѣса.

Другой общепризнанный фактъ, проявляющійся уже при вышеописанныхъ простыхъ опытахъ, заключается въ слѣдующемъ: если превратить путемъ охлажденія воду въ твердое вещество, въ ледъ, и съ помощью теплоты вновь возстановить изо льда жидкое вещество, то всегда получится опять-таки только вода, а никогда ни масла, ни спирта, ни ртути, ни какой-либо другой жидкости. И наоборотъ, ледъ получается только изъ воды, и никогда изъ другого жидкаго вещества, которое не есть вода, не получается льда съ его особенными видовыми качествами.

Итакъ, твердая форма вещества и жидкая форма, образующаяся путемъ нагрѣванія изъ твердаго вещества, находятся въ такомъ отношеніи другъ къ другу, что всегда

можно превратить лишь одну форму вещества въ другую (и обратно, вторую въ первую), но никогда не добьешься при такомъ превращеніи совершенно иного, новаго вещества. Это второй законъ, съ которымъ мы познакомимся позднѣе подъ названіемъ закона постоянства элементовъ

Пока извлечемъ изъ только что описанныхъ общеизвѣстныхъ фактовъ лишь то заключеніе, что различныя вещества, могущія путемъ химическихъ превращеній возникнуть другъ изъ друга, находятся въ совершенно опредѣленныхъ взаимоотношеніяхъ. Они составляютъ группу веществъ, родственныхъ другъ другу или связанныхъ другъ съ другомъ такимъ образомъ, что всегда возможно лишь превращеніе одного члена этой группы въ другой и наоборотъ, а никогда нельзя перейти отъ одной группы (напр., ледъ, вода и водяной паръ) къ другой группѣ (напр., ртуть, жидкая ртуть и ртутный паръ).

ГЛАВА IV.

Процессы сгоранія.

Изъ болѣе сложныхъ химическихъ процессовъ рассмотримъ процессы сгоранія, какъ особенно важные для нашей цѣли. Отъ керосина, напр., обыкновенно употребляемаго нами для освѣщенія, послѣ сгоранія какъ будто ничего не остается. Въ этомъ случаѣ кажется, что процессъ сгоранія состоитъ въ томъ, что данное вещество, керосинъ, исчезаетъ, не образуя при этомъ какого-либо другого вещества.

Если мы рассмотримъ другіе процессы сгоранія, напр., сгораніе дерева или каменнаго угля въ нашихъ печахъ, то явленія окажутся только наполовину сходными. Бѣольшая часть этихъ веществъ также исчезаетъ при сгораніи, оставляя, однако, послѣ себя нѣчто, совершенно не похожее на дерево или каменный уголь, а именно, золу. Всѣ ея составляетъ только часть вѣса сгорѣвшаго матеріала, и кажется въ этомъ случаѣ, какъ будто эти горючія вещества,

сгорѣвъ, образовали нѣчто, обладающее гораздо менѣш и м ъ вѣсомъ, чѣмъ первоначальное вещество.

Существуетъ, наконецъ, и третій родъ сгорания. Истолченное въ мельчайшій порошокъ желѣзо, высыпанное, напр., на проволочную сѣтку, также можетъ воспламениться. Если въ теченіе нѣкотораго времени его съ одной стороны подвергать дѣйствию пламени, то этотъ темно-сѣрый желѣзный порошокъ начинаетъ тлѣть и такъ раскаляется, что можно обжечь о него пальцы. И если взвѣситъ опредѣленное количество этого желѣза до и послѣ тлѣнія, когда оно совершенно остынетъ, то окажется, что вѣсъ значительно уве-

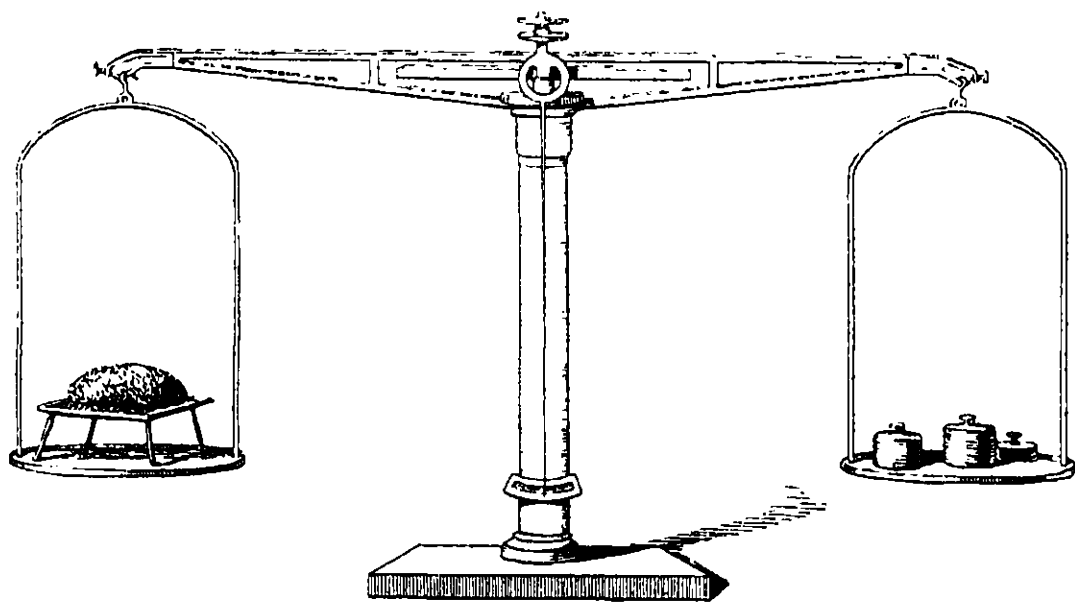


Рис. 2.

личился. На рис. 2 показано, какъ производится этотъ опытъ. Проволочная сѣтка съ желѣзнымъ порошкомъ кладется на маленькій треножникъ, стоящій на чашкѣ вѣсовъ; на другой чашкѣ лежатъ гири, уравнивающія вѣсъ. Когда накаливаемое съ одной стороны желѣзо воспламенится, то чашка съ желѣзомъ мгновенно начинаетъ опускаться и черезъ нѣсколько минутъ уже касается подставки.

Опредѣленнаго вывода изъ всѣхъ этихъ фактовъ сдѣлать нельзя. Въ одномъ случаѣ вещества при сгораніи исчезаютъ совсѣмъ, въ другомъ—они превращаются въ иныя

вещества, гораздо меньшаго вѣса, наконецъ, въ третьемъ—они при сгораніи даже увеличиваются въ вѣсѣ. Кажется, будто вѣсѣ при процессѣ сгоранія не подчиненъ никакимъ опредѣленнымъ законамъ. Но это противорѣчило бы вышеустановленному (на стр. 15) закону сохранения вѣса. Необходимо разъяснить это противорѣчіе.

Дѣло въ томъ, что явленія, подобныя тѣмъ, которыя мы наблюдаемъ при сгораніи масла, дерева или угля, намъ изстари гораздо привычнѣе, чѣмъ такое явленіе, какъ сгораніе металла, въ данномъ случаѣ желѣза. И поэтому, по старому представленію о процессѣ сгоранія, предполагали, будто во время сгоранія часть веществъ улетучивается, вслѣдствіе чего послѣ сгоранія ихъ остается меньше или не остается ничего. Правда, такое пониманіе не объясняетъ, почему въ иныхъ случаяхъ получается не только уменьшеніе, но даже увеличеніе вѣса. Но тотъ фактъ, что нѣкоторыя вещества при сгораніи увеличиваются въ вѣсѣ, уже былъ извѣстенъ немного болѣе ста лѣтъ тому назадъ, но на него мало обращали вниманія, потому что въ то время еще ничего не знали о законѣ сохранения вѣса.

Намъ, однако, легко убѣдиться, что при сгораніи масла оно отиудь не исчезаетъ безслѣдно, не оставляя вмѣсто себя чего-либо другого. Если мы надъ горящей лампочкой съ масломъ, спиртомъ или инымъ горючимъ веществомъ, или же надъ горящей свѣчей, будемъ держать большой, совершенно сухой стаканъ такъ, чтобы пламя заходило бы внутрь него, то увидимъ, что стаканъ тотчасъ же сдѣлается мутнымъ, подобно оконнымъ стекламъ зимою. Стаканъ запотѣваетъ. Мы знаемъ, что зимою на оконныхъ стеклахъ этотъ налетъ состоитъ изъ водяныхъ капелекъ. Въ воздухѣ всегда есть водяной паръ, въ большемъ или меньшемъ количествѣ, и когда оконныя стекла охлаждаются, то находящаяся въ воздухѣ влага, касаясь оконныхъ стеколъ, изъ газообразнаго состоянія превращается въ жидкое и осѣдаетъ на стеклахъ въ видѣ множества маленькихъ

капелекъ, которая легко разсмотрѣть въ лупу. Осадокъ въ стаканѣ, опрокинутомъ надъ пламенемъ, совершенно такого же свойства, и какъ бы тщательно ни изслѣдовать его, онъ дѣйствительно оказывается водою, ничѣмъ не отличающейся отъ воды на запотѣвшихъ оконныхъ стеклахъ. При обыкновенныхъ условіяхъ этотъ осадокъ не появляется въ стаканѣ; онъ появляется лишь тогда, когда мы въ него внесемъ горящее пламя. Изъ этого мы заключаемъ, что во время горѣнія этого пламени образуется вода въ видѣ пара или газа.

Если мы повторимъ этотъ опытъ съ тлѣющимъ желѣзомъ и сухимъ стаканомъ надъ нимъ, то осадка не получится, изъ чего мы заключаемъ, что при сгораніи желѣза не образуется водяныхъ паровъ.

Сдѣлаемъ еще одинъ опытъ, чтобы ближе ознакомиться съ процессомъ сгоранія. Возьмемъ немного обыкновенной извести и взболтаемъ ее съ водою въ большой бутылкѣ. Образуется мутная жидкость, которая, однако, если мы въ теченіе часа не будемъ тревожить бутылки, снова станетъ прозрачной, потому что известь осядетъ на дно. При этомъ немного извести растворится въ водѣ, въ чемъ легко убѣдиться, попробовавъ этотъ растворъ: растворенная известь на вкусъ неприятно мыльная. Послѣ этого мы снова опрокидываемъ сухой стаканъ надъ горящимъ пламенемъ отъ масла, стеарина, парафина, спирта или подобнаго вещества. Тотчасъ же снова появляется знакомый намъ осадокъ водяныхъ капель. Но тутъ привходитъ нѣчто другое, новое. Если мы возьмемъ немного прозрачной известковой воды (какъ называется растворъ извести въ водѣ) въ нашъ стаканъ и взболтаемъ ее, то прозрачный растворъ черезъ нѣсколько мгновеній сдѣлается мутнымъ, и если дать ему отстояться, то въ немъ осаждается въ видѣ порошка бѣлое вещество. Этого не происходитъ, если известковую воду взболтать въ сосудѣ, не подвергавшемся раньше вліянію пламени. Однако мы можемъ ее замутить, вдохнувъ

туда черезъ трубочку воздухъ изъ нашихъ легкихъ. Прозрачная жидкость замутилась совершенно такъ же, какъ если бы ее соединили съ воздухомъ, въ которомъ сгорѣло одно изъ названныхъ веществъ.

Изъ этого мы заключаемъ, что, если сжечь масло, спиртъ, стеаринъ или подобное вещество, то образуется, во первыхъ, вода, а во вторыхъ, газообразное вещество, находящееся также и въ воздухѣ, выдыхаемомъ изъ нашихъ легкихъ, дающее известковой водѣ бѣлую муть. Химикамъ это вещество хорошо извѣстно. Раньше, чѣмъ о немъ говорить, обозначимъ его химическимъ названіемъ: это углекислый газъ. Итакъ, повторимъ: при сгораніи масла, спирта и подобныхъ веществъ образуется вода и углекислота, то и другое въ газообразномъ видѣ.

Теперь мы понимаемъ, отчего получается впечатлѣніе, будто при сгораніи этихъ веществъ все исчезаетъ. Вѣдь мы знаемъ, что въ воздухѣ, который тоже ничто иное какъ газъ, газы не различимы. Разница во внѣшнемъ видѣ различныхъ газовъ слишкомъ незначительна, чтобы можно было уловить ее непосредственно глазомъ. Вещества, подобныя маслу и спирту, повидимому, совершенно исчезающія при сгораніи, исчезаютъ только для нашего зрѣнія, а въ дѣйствительности, какъ и сгорающее желѣзо, превращаются въ вещества совершенно иного свойства. Изъ жидкаго масла и спирта и изъ твердаго стеарина образуются газообразныя вещества.

Что и желѣзо при сгораніи превратилось въ вещество совершенно иного свойства, въ этомъ мы легко можемъ убѣдиться, если тщательно изслѣдуемъ продуктъ сгоранія. Онъ не обладаетъ больше блескомъ желѣза, а представляетъ собою матовую, черноватую массу, ничѣмъ не похожую на прежній металлъ—желѣзо.

Теперь возникаетъ дальнѣйшій вопросъ, какъ обстоитъ дѣло съ вѣсомъ воды и углекислоты, образовавшихся изъ

масла, спирта и т. д.? Существуют экспериментальные приемы, отвѣчающіе на этотъ вопросъ и состоящіе въ собираніи двухъ продуктовъ сгоранія—воды или углекислоты. Въ результатѣ оказывается, что при этомъ вѣсъ увеличился, точно такъ же, какъ при сгораніи желѣза. Однимъ словомъ, при сгораніи веществъ вѣсъ всегда увеличивается. Но для безусловнаго установленія этого факта необходимо взвѣсить дѣйствительно все, что образуется при сгораніи. Особенно необходимо собрать и взвѣсить и газообразныя вещества, образующіяся при сгораніи.

Если мы этотъ фактъ сопоставимъ съ вышеустановленнымъ закономъ сохраненія вѣса при всѣхъ существующихъ съ мірѣ процессахъ, то возникаетъ вопросъ, чему приписать, что при процессѣ сгоранія вѣсъ увеличивается, тогда какъ при другихъ процессахъ, разсмотрѣнныхъ нами выше, при превращеніи вещества изъ твердаго состоянія въ жидкое и обратно, вѣсъ остается безъ измѣненія? Отвѣтъ можетъ быть только тотъ, что къ сгораемому веществу всегда присоединяется еще какое-то другое вещество, вѣсъ котораго и составляетъ разницу между вѣсомъ образовавшихся веществъ, или „продуктовъ“, и вѣсомъ первоначальнаго вещества.

Не трудно убѣдиться, что это такъ и должно быть. Вѣдь мы знаемъ: безъ доступа воздуха не можетъ быть горѣнія. Мы всегда должны заботиться о томъ, чтобы у всѣхъ нашихъ печей, свѣчей и лампъ былъ правильный притокъ свѣжаго воздуха, иначе горѣніе прекращается. Въ этомъ сверхъ того можно убѣдиться и на опытѣ, покрывъ, напр., свѣчку стекляннымъ колпакомъ, не допускающимъ притока свѣжаго воздуха. Пламя вскорѣ погаснетъ, какъ только будетъ потребленъ весь бывший подъ колпакомъ воздухъ.

Въ самомъ дѣлѣ, всякое горѣніе основано на соединеніи двухъ различныхъ веществъ—съ одной стороны, горючаго вещества (угля, масла или спирта), съ другой стороны, составной части воздуха—для образованія новыхъ веществъ

съ увеличеннымъ вѣсомъ. Итакъ, продукты сгорания представляютъ собою соединеніе этой составной части воздуха съ данными веществами. Но при сгораніи никогда не идетъ въ дѣло весь воздухъ, а только часть его. Ибо воздухъ—не однородное вещество, а состоитъ изъ двухъ различныхъ веществъ; то, которое потребляется при сгораніи, называется кислородомъ, другое—азотомъ. Нѣсколько позднѣе мы ближе познакомимся съ ними.

ГЛАВА V.

Объ элементахъ.

Повторимъ теперь нашъ прежній опытъ (см. стр. 18); въ качествѣ горючаго вещества возьмемъ горящій уголь и покроемъ его сухимъ стаканомъ. Мы напрасно будемъ искать обычнаго осадка водяныхъ капель. Значитъ, при сгораніи угля воды не образуется. Углекислота же, дѣлающая известковую воду мутной, образуется при сгораніи угля, въ чемъ легко убѣдиться, если обычнымъ путемъ, съ помощью известковой воды, изслѣдовать газообразное содержимое стакана. Изъ этого слѣдуетъ, что при сгораніи вовсе не необходимо, чтобы получались одновременно и вода, и углекислота. Вѣдь среди продуктовъ сгорания желѣза мы тоже не находили воды. Не образуется при этомъ и углекислоты, въ чемъ легко убѣдиться. Если мы, давъ желѣзу сгорѣть въ стеклянномъ сосудѣ, изслѣдуемъ содержимое его съ помощью известковой воды, то осадка, признака углекислоты, мы не найдемъ. Также можно доказать, что существуетъ сгораніе, при которомъ образуется только вода и не образуется углекислоты. Для этого надо зажечь извѣстный газъ, водородъ, употребляемый для наполненія воздушныхъ шаровъ, и держать надъ нимъ сухой стеклянный сосудъ. Появляется осадокъ водяного пара; углекислоты же не оказывается, какъ не оказывается и другихъ продуктовъ при сгораніи водорода.

Итакъ, мы познакомились съ процессами, при которыхъ вѣсъ участвующихъ въ нихъ веществъ увеличивается, т.-е. разныя вещества, измѣняются такъ, что создаются продукты, вѣсъ которыхъ больше вѣса каждаго изъ исходныхъ веществъ, взятыхъ отдѣльно. По закону сохранения вѣса общій вѣсъ при этомъ, конечно, долженъ остаться неизмѣннымъ. Другими словами, вѣсъ сгорѣвшаго спирта, жельза или масла, съ одной стороны, и вѣсъ одновременно исчезнувшаго изъ воздуха кислорода, съ другой стороны, измѣниться не могли. Но общій вѣсъ, конечно, больше, чѣмъ вѣсъ кислорода и вѣсъ сгорѣвшихъ веществъ, въ отдѣльности взятыхъ.

До сихъ поръ рѣчь шла о такихъ химическихъ процессахъ, при которыхъ нѣкоторыя вещества исчезали какъ таковыя, соединяясь между собою и увеличиваясь въ вѣсѣ. Но существуютъ и обратные химическіе процессы,—такіе, когда одно вещество распадается на нѣсколько веществъ, изъ которыхъ каждое отдѣльно, конечно, вѣситъ меньше, чѣмъ вѣсило первоначальное. Возьмемъ, напр., извѣстную соль, бертолетову соль, очень часто употребляемую подъ латинскимъ названіемъ *kalium chloricum* какъ домашнее средство при незначительныхъ воспаленіяхъ въ полости рта. Если мы согрѣемъ щепотку этой соли въ тонкостѣнной, закрытой съ одного конца, стеклянной трубкѣ, въ такъ называемой пробиркѣ, то она сначала расплавится и превратится въ прозрачную жидкость (рис. 3). При болѣе сильномъ нагрѣваніи жидкость какъ будто закипаетъ, выдѣляя множество пузырьковъ газа. Но въ верхней, холодной части пробирки не осѣдаетъ жидкости, какъ при кипѣніи воды или ртути,—верхъ пробирки остается сухимъ. Вмѣсто же этого образуется газъ, не похожій на обыкновенный атмосферный воздухъ. Въ этомъ легко убѣдиться, если зажечь одинъ конецъ деревянной лучинки и, давъ ей погорѣть нѣкоторое время, потушить ее, такъ, чтобы она только тлѣла. Если опустить эту тлѣющую лучинку въ пробирку, то она внезапно

вспыхнетъ настолько яркимъ пламенемъ, что ее можно вынуть горячей. При продолжительномъ нагрѣваніи окажется, что, хотя температура осталась на той же высотѣ, жидкость понемногу затвердѣла, выдѣляя бѣлую соль, растворимую лишь при очень высокой температурѣ. И если мы до опыта

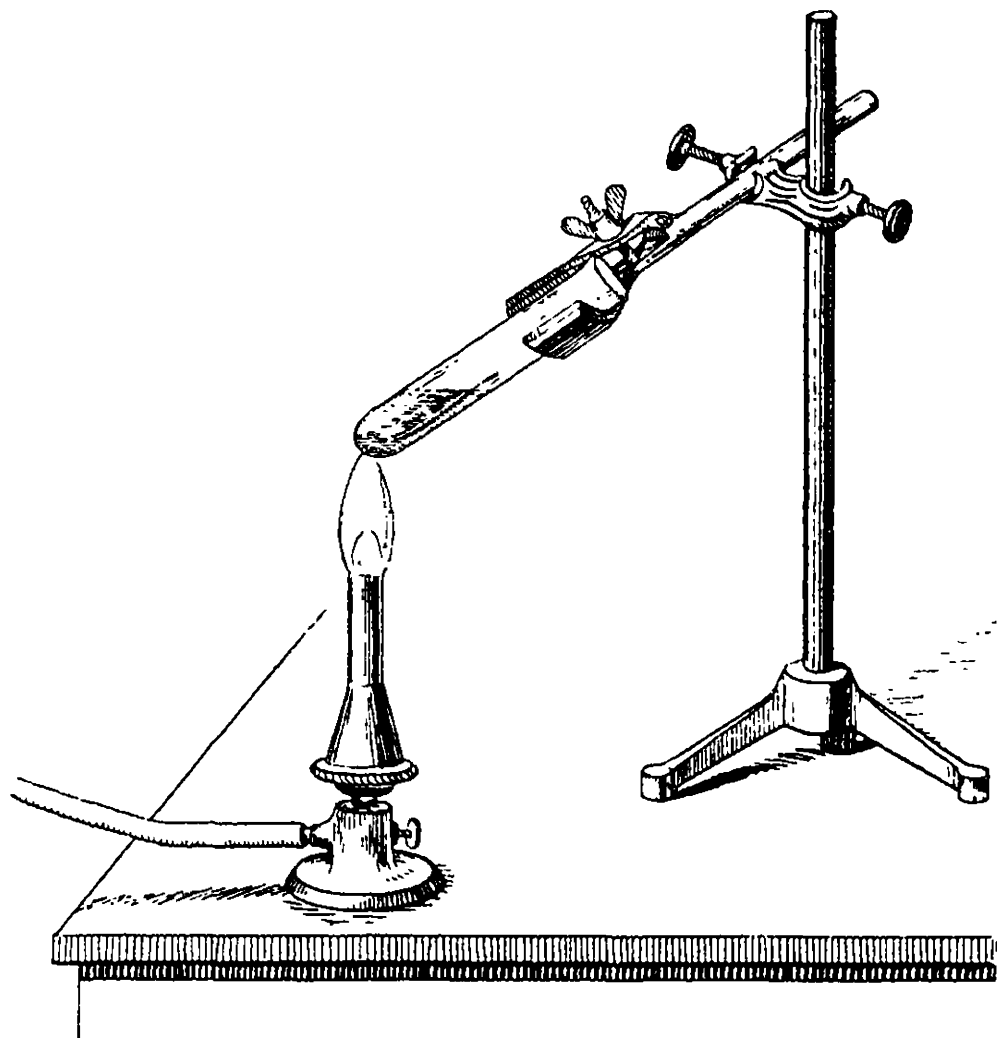


Рис. 3.

взвѣшивали бертолетову соль, то убѣдимся, что послѣ опыта она потеряла болѣе трети своего вѣса.

Итакъ, тутъ мы видимъ однородное вещество, распавшееся на два различныхъ. Съ одной стороны, получился газъ, поддерживающій яркость горѣнія; съ другой стороны,— соль, во всѣхъ отношеніяхъ кореннымъ образомъ отличающаяся отъ первоначальной,— твердое вещество, растворяющееся лишь при очень высокой температурѣ.

Химическій процессъ, при которомъ одно вещество распадается на нѣсколько отдѣльныхъ веществъ, называется разложеніемъ, въ отличіе отъ процесса соединенія, когда изъ нѣсколькихъ веществъ образуется одно.

Соединенія и разложенія можно производить почти со всѣми веществами. Каждое вещество (за очень немногими исключеніями) способно соединяться съ цѣлымъ рядомъ другихъ веществъ, образуя при этомъ новое однородное вещество, увеличенное въ вѣсѣ противъ первоначальныхъ веществъ. И цѣлый рядъ веществъ при извѣстныхъ условіяхъ можно разложить, образуя изъ однороднаго вещества нѣсколько новыхъ, отличныхъ другъ отъ друга веществъ. Въ выше разсмотрѣнномъ случаѣ этому способствовала температура. Такой же результатъ достигается съ помощью электричества и другихъ агентовъ.

Намъ, однако, извѣстны и такія вещества, которыя никакими средствами нельзя разложить на болѣе простыя составныя части. Съ теченіемъ времени число этихъ веществъ оказалось довольно большимъ. Въ настоящее время насчитывается около восьмидесяти веществъ, поддающихся одному лишь процессу соединенія, т.-е. способныхъ соединяться съ другими веществами, образуя при этомъ новыя вещества съ бóльшимъ вѣсомъ. Но ихъ ни при какихъ условіяхъ нельзя разложить на два, на три, или на бóльшее число новыхъ веществъ, изъ которыхъ каждое вѣсило бы меньше первоначальнаго вещества.

Такія вещества называются неразложимыми веществами или элементами.

Несмотря на великое, существующее въ природѣ многообразіе веществъ, мы, тщательно изслѣдуя ихъ, при разложеніи ничего другого не найдемъ, кромѣ какихъ-либо изъ этихъ восьмидесяти элементовъ. И изъ этихъ-то восьмидесяти элементовъ только двадцать или тридцать относительно часто встрѣчаются въ природѣ, тогда какъ всѣ остальные, значить, подавляющее большинство ихъ, сравнительно рѣдки;

находимъ мы ихъ въ единичныхъ, рѣдко встрѣчающихся веществахъ, главнымъ образомъ въ минералахъ, разбросанныхъ по разнымъ уголкамъ земного шара. Итакъ, все огромное многообразіе веществъ, разсѣянныхъ всюду въ природѣ, огромное количество искусственныхъ химическихъ продуктовъ, созданныхъ за послѣднія десятилѣтія наукой и техникой,—все это множество веществъ „состоитъ“ изъ сравнительно немногихъ элементовъ, и при разложеніи все сводится къ нимъ.

ГЛАВА VI.

Кислородъ.

Изъ числа этихъ неразложимыхъ веществъ, или элементовъ, насъ, съ точки зрѣнія нашего вопроса, интересуютъ лишь очень немногіе. Прежде всего, кислородъ, съ которымъ мы раньше познакомились, какъ съ составной частью атмосфернаго воздуха,—та часть этого столь распространеннаго газа, отъ которой зависитъ горѣніе.

Въ самомъ дѣлѣ, горѣніе—ничто иное, какъ соединеніе съ кислородомъ. Съ кислородомъ въ чистомъ видѣ мы тоже познакомились въ тѣхъ немногихъ опытахъ, которые описаны выше. При накаливаніи бертолетовой соли образовался газъ, особенно сильно способствовавшій горѣнію. Этотъ газъ и есть кислородъ въ чистомъ видѣ. По внѣшнему виду онъ ничѣмъ не отличается отъ атмосфернаго воздуха, составную часть котораго—приблизительно $\frac{1}{5}$ по объему—онъ составляетъ; какъ и атмосферный воздухъ, онъ лишенъ запаха и вкуса, но отличается отъ этого послѣдняго вышеописанной способностью содѣйствовать болѣе яркому горѣнію, что можно видѣть и на многихъ другихъ веществахъ.

Кислородъ—самый важный и необходимый изъ всѣхъ существующихъ элементовъ. Впервыхъ, потому, что въ природѣ его больше всѣхъ остальныхъ; по вѣсу онъ составляетъ больше половины всей извѣстной намъ земной коры.

Правда, только часть кислорода существуетъ въ элементарномъ состояніи, какъ газъ; мы уже знаемъ, что эта часть находится въ атмосферѣ земного шара и составляетъ приблизительно пятую часть ея. Остальной кислородъ существуетъ въ формѣ соединеній, т.-е. какъ составная часть другихъ веществъ, разложимыхъ на кислородъ и другіе элементы. Изъ этихъ соединеній кислорода мы уже знаемъ два, а именно: воду и углекислоту. Оба образуются при горѣніи различныхъ веществъ въ воздухѣ. Зная, что сгораніе—ничто иное, какъ соединеніе съ кислородомъ, мы изъ этого непосредственно выводимъ, что продукты сгоранія должны содержать въ себѣ кислородъ.

Но вода, жидкая при обыкновенной температурѣ и твердая при температурѣ ниже 0° , отнюдь не похожа на кислородъ, представляющій собою, при тѣхъ же условіяхъ, газъ и переходящій въ жидкое или твердое состояніе лишь при очень низкой температурѣ. Если же мы говоримъ, что вода содержитъ въ себѣ кислородъ, то это не значитъ, что извѣстный намъ кислородъ заключенъ въ ней какъ, примѣрно, орѣхъ въ скорлупѣ; значеніе этого выраженія необходимо опредѣлить точнѣе, для того чтобы это слово, такъ часто употребляемое нами, имѣло бы для насъ опредѣленный смыслъ. Это значитъ, что, съ одной стороны, никогда нельзя образовать воды безъ помощи кислорода и что, съ другой стороны, изъ воды всегда можно извлечь кислородъ, разлагая ее, напр., съ помощью электрическаго тока. Кислородъ содержится въ водѣ, какъ, примѣрно, звукъ въ органѣ или огонь въ спичкѣ: въ любое время можно извлечь одно изъ другого, но ни органъ, ни спичка сами не обладаютъ способностью производить звукъ или пламя. Положимъ, что этотъ примѣръ немного хромаетъ, ибо нельзя изъ звуковъ соорудить органъ или изъ огня сдѣлать спичку, тогда какъ изъ кислорода можно составить воду или другія кислородныя соединенія.

Кислородъ какъ элементъ, т.-е. не находящійся въ соеди-

неніи, имѣется въ воздухѣ въ неограниченномъ количествѣ, и каждый можетъ пользоваться имъ безвозмездно и сколько угодно. За чистый же кислородъ, т.-е. не смѣшанный съ азотомъ, надо платить, потому что отдѣлать его отъ азота стоитъ труда и даромъ этотъ трудъ не дается. Добываютъ кислородъ въ чистомъ видѣ очень сильнымъ охлажденіемъ воздуха, вслѣдствіе чего онъ дѣлается жидкимъ. Кислородъ скорѣе приходитъ въ жидкое состояніе, нежели азотъ,—тогда

ихъ и можно отдѣлать другъ отъ друга. Тутъ рѣчь идетъ не о химическомъ разложеніи, потому что азотъ и кислородъ въ воздухѣ лишь смѣшаны, или, говоря научнымъ языкомъ, растворены другъ въ другъ.

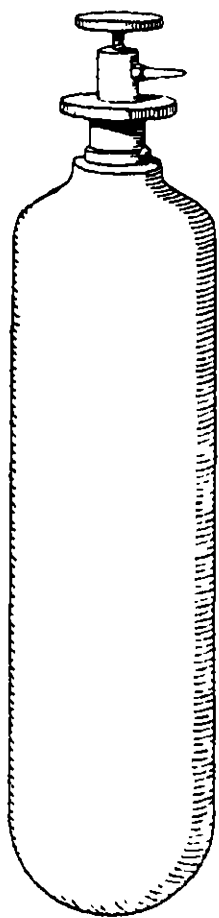


Рис. 4.

Для болѣе удобнаго перенесенія газообразнаго кислорода, литръ котораго при обыкновенныхъ условіяхъ вѣситъ лишь немного болѣе одного грамма, его накачиваютъ въ стальные бомбы, способныя вынести большое давленіе (рис. 4). Такимъ образомъ его можно сдѣлать приблизительно въ сто разъ плотнѣе. Но онъ при этомъ не дѣлается жидкимъ, т. к. для этого нужна очень низкая температура, — болѣе чѣмъ 180° ниже нуля. Жидкій кислородъ представляетъ собою голубоватую, прозрачную, легко подвижную жидкость. Чтобы сохранить ее на нѣкоторое время, ее вливаютъ въ сосуды съ двойными стеклянными

стѣнками, между которыми очень тщательно выкачанъ воздухъ (рис. 5). Этимъ почти совершенно уничтожается теплопроводность, и кислородъ нѣкоторое время сохраняется въ жидкомъ видѣ, пока снова не превратится въ газъ, или „испарится“.

Кислородъ въ чистомъ видѣ употребляется главнымъ

образомъ для того, чтобы усиливать горѣніе и доводить температуру до такой высоты, при которой можно было бы, напр., легко и быстро разрѣзать, или, вѣрнѣе, прожигать толстые желѣзные листы. При возвращеніи къ жизни задохнувшихся также употребляется кислородъ въ чистомъ видѣ; его вводятъ въ легкія, т. к. удушеніе именно въ томъ и состоитъ, что живое существо по какой-либо причинѣ лишается воздуха, т.-е. кислорода; послѣдствія этого быстрѣе всего устраняются введеніемъ въ легкія чистаго кислорода, конечно, если жизнь еще не отлетѣла.

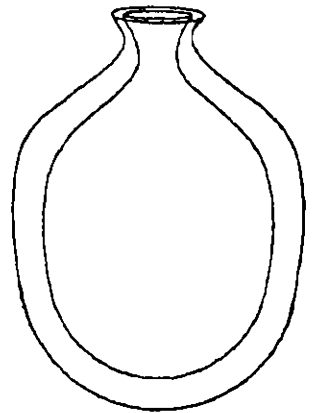


Рис. 5.

Соединенія кислорода носятъ общее названіе окисей, по названію самого кислорода. Поэтому вода должна была бы, собственно говоря, называться окисью водорода. Но т. к. воду-то знали и называли гораздо раньше, чѣмъ узнали, въ концѣ XVIII вѣка, о ея составѣ изъ кислорода и водорода, то за ней и осталось ея старое названіе. И окрестили, наоборотъ, второй находящейся въ водѣ элементъ въ честь этого соединенія, назвавъ его водородомъ. Нельзя отрицать, что это обозначеніе невѣрно, нецѣлесообразно, ибо здѣсь перевернута основа химической номенклатуры, по которой названія соединеній производятся отъ названій элементовъ.

Упоминавшееся выше соединеніе кислорода съ углеродомъ называется углекислотой. Не называется же это вещество окисью углерода потому, что существуютъ два различныя соединенія этихъ двухъ элементовъ, — одно съ меньшимъ количествомъ кислорода, называемое окисью углерода, и другое съ ббольшимъ количествомъ кислорода (мы знакомы съ нимъ по его реакціи съ известковой водой), которое, въ отличіе отъ перваго, получило названіе углекислоты, или двуокиси углерода.

ГЛАВА VII.

Углеродъ и водородъ.

Другой элементъ, имѣющій для насъ огромнѣйшее значеніе, это углеродъ. Обыкновенный древесный уголь представляетъ собою этотъ элементъ, но не совсѣмъ въ чистомъ видѣ; въ болѣе чистомъ видѣ мы находимъ его въ сажѣ, черномъ порошокѣ, осѣдающемъ на холодныхъ предметахъ отъ пламени горящихъ соединеній углерода.

Вспомнимъ еще, что графитъ, изъ котораго дѣлаютъ карандаши, да еще общеизвѣстный драгоценный камень, алмазь, состоятъ изъ чистаго углерода. Здѣсь предъ нами своеобразный фактъ, что одно и то же вещество встрѣчается въ совершенно различныхъ формахъ, какъ будто ничего общаго не имѣющихъ другъ съ другомъ. Это различіе приблизительно таково же, какъ различіе между льдомъ, водой и водянымъ паромъ, съ которыми мы ознакомились выше. Только въ данномъ случаѣ дѣло нѣсколько болѣе сложно, потому что различныя формы углерода отнюдь не такъ легко превращаются одна въ другую, какъ ледъ, вода и паръ.

Что уголь, графитъ и алмазь дѣйствительно ничто иное, какъ различныя формы одного и того же элемента, углерода,—доказывается тѣмъ, что всѣ эти три вещества сгораютъ въ кислородномъ газѣ. Степень ихъ горючести не одинаковая; графитъ сгораетъ труднѣе всего, алмазь нѣсколько легче, а древесный уголь легче всего; но если точно опредѣлить и вѣсъ сжигаемаго матеріала, и вѣсъ продукта сгоранія, т.-е. углекислоты, образующейся изъ нихъ, то оказывается, что эти три вещества представляютъ собою одно и то же соединеніе съ кислородомъ и въ томъ же соотношеніи.

Съ получаемымъ соединеніемъ, углекислотою, мы уже знакомы, какъ съ продуктомъ сгоранія разнообразныхъ ве-

ществъ — масла, алкоголя и т. д. Это то газообразное вещество, о появленіи котораго свидѣтельствуемъ бѣлый осадокъ въ известковой водѣ. Каждый граммъ углерода, въ любой изъ трехъ формъ, даетъ $2\frac{3}{4}$ грамма окиси углерода, и это соотношеніе постоянное, независимое отъ формы, въ которой былъ взятъ углеродъ.

Но какимъ же образомъ получается углекислота отъ горѣнія масла, спирта или стеарина, какъ показали намъ вышеописанные опыты? Развѣ и эти три вещества—разнородныя формы углерода? Отвѣтомъ на этотъ вопросъ отчасти могутъ служить вышеописанные опыты. Названныя вещества, наряду съ углекислотой, давали воду. Уже изъ этого слѣдуетъ, что тутъ не можетъ быть рѣчи объ элементѣ—углеродѣ, ибо послѣдній при сгораніи даетъ только углекислоту и ничего кромѣ нея. Значитъ, названныя вещества не простыя, не элементы, а сложныя вещества, или соединенія, и именно такія, которыя всѣ, кромѣ элемента углерода, состоятъ еще изъ другого элемента, дающаго при сгораніи воду. Мы и съ этимъ элементомъ знакомы,—это вышеупомянутый водородный газъ, употребляемый для наполненія воздушныхъ шаровъ.

Кислородъ и углеродъ—элементы, встрѣчающіеся въ природѣ какъ таковыя, т.-е. въ свободномъ состояніи. Водородъ же, наоборотъ, не существуетъ въ природѣ въ видѣ свободнаго, не соединеннаго элемента, а только какъ составная часть безчисленныхъ другихъ веществъ.

Уже названіе указываетъ на то, что водородъ—одна изъ составныхъ частей воды. Вода—сложное вещество, состоящее изъ водорода и кислорода; соотношеніе вѣса ихъ таково, что на одну долю водорода приходится восемь долей кислорода. Итакъ, по вѣсу кислородъ представляетъ собою значительно большую часть воды. Кромѣ того, водородъ является составной частью множества другихъ веществъ, преимущественно такихъ, которыя входятъ въ составъ растительнаго и животнаго организма. Вѣдь вещества, которыми

мы пользовались при опытахъ горѣнія—спиртъ, стеаринъ, масло,—или непосредственно находятся въ растительныхъ организмахъ, или перерабатываются изъ нихъ же. Содержащійся въ нихъ водородъ они получаютъ, конечно, изъ своихъ исходныхъ веществъ.

Итакъ, всѣ вещества, дающія при сгораніи воду и углекислоту, содержатъ въ себѣ два элемента—водородъ и углеродъ. На вопросъ, состоятъ ли они только изъ этихъ двухъ элементовъ или не содержатъ ли они еще и другихъ, опыты эти отвѣта не даютъ. Если, какъ послѣ сгоранія дерева или каменнаго угля, остается зола, то, несомнѣнно, въ составъ ихъ входятъ еще и другіе элементы. Ибо—будь въ нихъ только углеродъ или водородъ, то не изъ чего было бы образоваться золѣ. Но могутъ быть въ нихъ и другіе элементы, дающіе при сожженіи продукты въ видѣ газа или пара. Вѣдь мы еще не располагаемъ вспомогательными средствами для опредѣленія другихъ продуктовъ горѣнія, а узнаемъ лишь два вещества—углекислоту и воду—посредствомъ вышеописанныхъ „реакцій“. Въ самомъ дѣлѣ, въ названныхъ и описанныхъ веществахъ нѣтъ иныхъ элементовъ кромѣ углерода и водорода, къ которымъ часто присоединяется еще и кислородъ. При разныхъ опытахъ горѣнія кислорода этого, конечно, нельзя замѣтить. Вѣдь во время горѣнія къ горючему матеріалу всегда присоединяется кислородъ изъ воздуха, и трудно въ послѣдствіи опредѣлить, откуда весь кислородъ въ продуктахъ сгоранія. Такъ, изъ названныхъ веществъ керосинъ или нефть состоятъ только изъ углерода и водорода и не содержатъ въ себѣ больше никакихъ другихъ элементовъ; спиртъ же, обыкновенное масло, дерево и друг. кромѣ углерода и водорода содержатъ еще и кислородъ.

Можно легко представить себѣ, что при соотвѣтственной постановкѣ описанныхъ опытовъ можно будетъ опредѣлить и количество водорода и углерода, содержащихся въ различныхъ веществахъ. Если собрать и взвѣсить углекис-

слоту, то изъ отношенія между нею и углеродомъ можно вычислить, сколько въ данномъ количествѣ соединенія содержится элемента углерода. Точно также можно собрать и взвѣсить образовавшуюся воду; вѣдь мы знаемъ, что въ девяти доляхъ воды одна доля водорода, а остальные восемь долей образованы изъ кислорода. Въ теченіе послѣднихъ болѣе чѣмъ ста лѣтъ такимъ образомъ изслѣдовали и изучили множество животныхъ и растительныхъ веществъ, преимущественно пищевыхъ, поддерживающихъ жизнь людей и животныхъ; и оказалось, что всѣ эти пищевыя вещества состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода и водорода (наряду съ кислородомъ). Кромѣ того, въ составъ ихъ, хотя и въ ограниченномъ количествѣ, входятъ еще нѣкоторые другіе элементы, которыхъ мы пока еще не касались, но о которыхъ рѣчь впереди.

ГЛАВА VIII.

Сгораніе углерода въ живомъ существѣ.

Теперь прослѣдимъ путь даннаго количества углерода въ тѣлѣ животнаго и растенія и въ атмосферномъ воздухѣ. Представимъ себѣ, что небольшое количество растительнаго вещества, напримѣръ, сахара или масла, съѣдается какимъ-нибудь животнымъ. Животное всегда теплѣе окружающей его среды. Особенно велика эта разница у теплокровныхъ—млекопитающихъ и птицъ; но и у такъ называемыхъ холонокровныхъ температура всегда на нѣсколько градусовъ выше температуры воздуха или воды,—той среды, въ которой имъ приходится жить. Въ отвѣтъ на вопросъ, откуда же эта внутренняя теплота, само собою является предположеніе, что тутъ происходитъ процессъ горѣнія, образующій теплоту, точно такъ же, какъ она образуется, когда горятъ растительныя тѣла, дрова изъ существующихъ нынѣ растеній, или остатки первобытныхъ—бурый

или каменный уголь. Сжигая въ печкѣ такія растительныя тѣла, мы получаемъ теплоту, и чѣмъ больше количество сжигаемаго матеріала, тѣмъ больше будетъ теплоты. Съ этой точки зрѣнія мы имѣемъ право разсматривать организмъ животныхъ, какъ своего рода печь. Дальнѣйшее сходство съ печью мы находимъ въ томъ, что какъ дрова или уголь въ печи не могутъ горѣть безъ доступа воздуха, такъ и животныя и человѣкъ не могутъ жить безъ него. Соотвѣтственно поставленные опыты показываютъ намъ, что рѣчь идетъ лишь о содержащемся въ воздухѣ кислородѣ, а не о примѣшанномъ къ нему азотѣ. Воздухъ, т.-е. кислородъ, такъ необходимъ, что большинство животныхъ не могутъ жить безъ него даже въ теченіе нѣсколькихъ минутъ и, лишеныя его, погибаютъ.

Но, конечно, сходство, какъ бы ни было оно велико, еще не доказательство. Однако, мы можемъ привести и фактическое доказательство. Что образуется при сгораніи масла, сахара и тому подобныхъ растительныхъ веществъ? Изъ простыхъ вышеописанныхъ опытовъ мы уже знаемъ, что образуется, во первыхъ, вода въ видѣ водяного пара, и, во вторыхъ, газообразная углекислота. Повторимъ тотъ же опытъ съ воздухомъ, выдыхаемымъ нами изъ легкихъ. Когда мы выдыхаемъ воздухъ изъ нашихъ легкихъ въ сухой, холодный стаканъ, то, какъ извѣстно, образуется осадокъ водяныхъ капелекъ, точно такой же, какой образуется на стаканѣ отъ пламени свѣчки и какого-нибудь подобнаго тѣла. Для того, чтобы узнать, есть ли углекислота въ воздухѣ, выходящемъ изъ нашихъ легкихъ, мы черезъ трубку выдыхаемъ воздухъ изъ нихъ въ стаканъ съ известковой водой; черезъ нѣсколько мгновеній мы видимъ, что въ водѣ получилась знакомая намъ бѣловатая муть,—значитъ, реакція или признакъ углекислоты присущъ и воздуху, выходящему изъ нашихъ легкихъ. Это доказываетъ намъ полное соотвѣтствіе между сгораніемъ горючихъ веществъ, напримѣръ, въ печи и процессомъ, происходящимъ

въ нашемъ организмѣ. Въ обоихъ случаяхъ развивается теплота, и получаютъ тѣ же самые продукты сгоранія.

Въ одномъ отношеніи существуетъ однако большое различіе. Тогда какъ въ печкѣ температура очень высока (800—1000⁰), температура въ человѣческомъ и животномъ организмѣ сравнительно очень низка, около 36⁰, смотря по натурѣ даннаго существа; и, во всякомъ случаѣ, температура въ человѣческомъ и животномъ организмѣ никогда не достигаетъ той высоты, при которой начинаютъ горѣть масло, дерево или подобныя имъ вещества. Итакъ, въ животномъ организмѣ горѣніе происходитъ при низкой температурѣ, и это составляетъ послѣднее препятствіе къ тому, чтобы безусловно принять теорію сгоранія и для процессовъ, происходящихъ въ животномъ организмѣ.

Въ самомъ дѣлѣ, потребовалась еще очень продолжительная и кропотливая работа для разъясненія этого послѣдняго факта, послѣ того, какъ по отношенію ко всему остальному, къ главному, все уже давно было ясно. Только за послѣднія десятилѣтія научныя изслѣдованія настолько подвинулись впередъ, что могли разъяснить и въ точности доказать, какимъ образомъ химическіе процессы, происходящіе достаточно быстро лишь при высокой температурѣ, могутъ протекать и при низкой, безъ какого бы то ни было повышенія ея.

Въ настоящей работѣ мы не можемъ останавливаться на подробностяхъ этихъ своеобразныхъ явленій. Мнѣ хочется указать лишь на одинъ общеизвѣстный фактъ, какъ на примѣръ подобныхъ явленій. Всѣмъ извѣстно, что, когда свѣтильный газъ вытекаетъ изъ рожка, не входя въ соприкосновеніе съ пламенемъ, то онъ, смѣшиваясь съ воздухомъ, не вспыхиваетъ, хотя онъ на воздухѣ способенъ горѣть. Значитъ, при наличности химическихъ условій для горѣнія, оно въ данномъ случаѣ не наступаетъ. Не воспламеняются на воздухѣ и другія горючія вещества,—масло, спиртъ, нефть,—хотя всѣ они способны горѣть. Всѣ эти вещества заго-

раются лишь при наличности высокой температуры. Для этого только нужно какую-нибудь часть ихъ согрѣть такъ или иначе, напримѣръ, зажженной спичкой. Образовавшаяся отъ этого зажиганія теплота настолько велика, что передается и сосѣднимъ частямъ, такъ что и они достигаютъ „температуры воспламененія“, т.-е. температуры, при которой химическій процессъ соединенія съ кислородомъ протекаетъ такъ быстро, что не прерывается. Если же, наоборотъ, данное мѣсто охладится настолько, что быстрота процесса соединенія становится слишкомъ малой, то эта механическая передача процесса прекращается и горящее тѣло „гаснетъ“. На этомъ основано всякое гашеніе, — водою ли или задуваніемъ.

Теперь сдѣлаемъ опытъ: дадимъ свѣтильному газу вытечь въ воздухъ и введемъ въ него такъ называемую затравку, какія употребляютъ для зажиганія газа въ высоко расположенномъ рожкѣ. Какъ только затравка приходитъ въ соприкосновеніе съ газомъ, она накаливается, и газъ вспыхиваетъ отъ прикосновенія къ ней. Тутъ у насъ слѣдующій фактъ на лицо: свѣтильный газъ, смѣшанный съ воздухомъ, самостоятельно не горитъ, однако воспламеняется и накаливаетъ затравку, какъ только коснется ея. Дѣло въ томъ, что затравка содержитъ въ себѣ немного металла, платины, обладающей способностью вызывать при обыкновенной температурѣ горѣніе газа, происходящее обыкновенно лишь при наличности очень высокой температуры.

И это не единичный примѣръ. Вся химія, какъ оказалось лишь въ новѣйшее время, полна такихъ своеобразныхъ явленій, когда присутствіе посторонняго вещества ускоряетъ процессъ соединенія между данными веществами, хотя и могущими соединиться, но соединяющимися видимымъ образомъ лишь при наличности болѣе высокой температуры. Разъясненіе этого факта состоитъ въ томъ, что упомянутые процессы соединенія, значить, и горѣніе, въ дѣйстви-

тельности происходят и при обыкновенной температурѣ; но они настолько медленны, что въ короткое время совершенно невозможно собрать обычными способами нѣкоторое количество продукта соединенія. При постепенномъ повышеніи температуры, мы достигаемъ того, что, съ помощью тонкихъ химическихъ методовъ, возможно установить наличность процесса горѣнія, хотя безъ этихъ методовъ для глаза ничего особеннаго не замѣтно. И чѣмъ выше поднимается температура, тѣмъ быстрѣ дѣлаются эти процессы, пока, наконецъ, они не достигнутъ такой быстроты, что и безъ вспомогательныхъ средствъ, невооруженнымъ глазомъ можно убѣдиться въ происшедшемъ соединеніи по образовавшемуся пламени и мѣстному сильному повышенію температуры. Вещества, какъ платина въ затравкѣ, и другія, подобныя ей, обладаютъ особенной способностью ускорять нѣкоторые процессы, которые и сами по себѣ могутъ произойти и происходятъ, но чрезвычайно медленно,—и вызывать при низкой температурѣ такія явленія, которыя иначе произошли бы только при гораздо болѣе высокой.

Такія вещества называются катализаторами. Въ химическихъ процессахъ они играютъ приблизительно ту же роль, какъ масло въ машинныхъ частяхъ, недостаточно полированныхъ и дающихъ сильное треніе. Пока не устранится препятствіе, машина, при имѣющейся въ наличности силѣ, не двигается съ мѣста, и тотчасъ же приходитъ въ дѣйствіе, какъ только будетъ смазана. Эту аналогію надо имѣть въ виду, когда рѣчь идетъ о катализаторахъ. Катализаторы неспособны вызывать процессы, вообще невозможные; нѣтъ, дѣйствительные и сами по себѣ возможные процессы только разыгрываются съ помощью катализаторовъ въ иномъ темпѣ; катализаторы какъ бы болѣе или менѣе укорачиваютъ маятникъ ихъ часовъ или, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, удлиняютъ его. Организмъ человѣка и животнаго, — можно прибавить, и растенія, — образуетъ множество подобныхъ же каталитиче-

скихъ веществъ. Особенно многочисленны въ животныхъ тканяхъ вещества, помогающія соединенію съ кислородомъ и этимъ сжигающія пищу, которая черезъ лимфу и кровь разносится повсѣмъ областямъ организма.

Итакъ, внутри организма дѣйствительно происходитъ процессъ сгоранія, обладающій всѣми отличительными свойствами такового, съ той только разницей, что съ помощью катализаторовъ сгораніе происходитъ уже при нормальной температурѣ тѣла, вмѣсто 800 или больше градусовъ.

Но и въ этомъ случаѣ сгораніе происходитъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше температура и чѣмъ сильнѣе дѣйствіе катализаторовъ. Такъ, на примѣръ, высокая температура во время лихорадки происходитъ отъ того, что въ этомъ состояніи въ человѣческомъ организмѣ сгораетъ больше веществъ, чѣмъ въ нормальномъ. Поэтому во время лихорадки, съ одной стороны, поднимается температура, а, съ другой, наступаетъ извѣстная слабость и истощеніе лихорадящаго организма, вслѣдствіе повышенной сверхъ нормы работы.

ГЛАВА IX.

Колесо жизни.

Наблюденія намъ показали, какъ углеродъ, находящійся въ пищѣ, сжигается внутри организма и превращается въ углекислоту. Вдыханіе и выдыханіе воздуха, съ одной стороны, вводитъ въ организмъ нужный для горѣнія кислородъ, съ другой стороны, выдѣляетъ изъ организма тоже газообразную углекислоту. Въ этомъ отношеніи организмъ отличается отъ печи, потому что у печи пути для притока воздуха и для выдѣленія газообразныхъ продуктовъ сгоранія раздѣлены, тогда какъ въ живомъ организмѣ для обоихъ отправленій одинъ и тотъ же путь — дыхательное горло. Для того, чтобы оба процесса не мѣшали другъ

другу, они подчинены закону періодической смѣны, такъ что при вдыханіи воздухъ, нужный для горѣнія, вводится въ организмъ, а при выдыханіи изъ организма выдѣляются продукты сгоранія.

Выдыхаемый воздухъ содержитъ приблизительно столько же углекислоты по объему, сколько при выдыханіи воздухъ потерялъ кислорода. Эта углекислота, смѣшиваясь съ атмосфернымъ воздухомъ, разносится вѣтромъ по всѣмъ направленіямъ. Рано или поздно она приходитъ въ соприкосновеніе съ зеленымъ растеніемъ и тутъ происходитъ обратный процессъ. Зеленые органы, или листья растенія, обладаютъ свойствомъ поглощать углекислоту. Въ клѣткахъ, содержащихъ въ себѣ листозелень, или хлорофиллъ, процессъ, происшедшій внутри животнаго организма, совершается въ обратномъ порядкѣ. Углекислота разлагается на кислородъ, возвращающійся въ атмосферу, и на углеродъ, остающійся въ клѣткѣ и соединяющійся съ имѣющейся въ наличности водою и другими веществами, образующими вполнѣдствіи растительный организмъ въ его многообразныхъ формахъ. Образовавшіяся вещества переносятся изъ клѣтокъ дальше съ соками растеній и отлагаются въ предназначенныхъ для этого частяхъ, на примѣръ, въ плодахъ или клубняхъ корней, или еще гдѣ—нибудь, гдѣ окажется нужнымъ. Такимъ же путемъ образуются и ткани растительнаго организма,—древесина, волокна и остальные части, составляющія растенія,—все это образуется изъ продуктовъ, получающихся путемъ отщепленія кислорода отъ углерода и соединенія послѣдняго съ водою и другими веществами растительной клѣтки.

Эти продукты, въ особенности тѣ, которые растеніе накопляетъ для развитія своихъ будущихъ отпрысковъ въ сѣменахъ, клубняхъ корней и тому подобныхъ органахъ, вполнѣдствіи служатъ питаніемъ животнымъ, а затѣмъ: повторяются въ точности тѣ же процессы, которые мы наблюдали раньше. Такимъ образомъ мы можемъ убѣдиться въ

правильномъ кругооборотѣ углерода въ животномъ и растительномъ организмѣ. Все нужное животному доставляется ему растеніемъ; а чего животному больше не нужно, вновь воспринимается растеніемъ и переводится въ форму, снова годіую для животныхъ.

Животное сжигаетъ углеродъ соединеній и превращаетъ его въ углекислоту и воду, для чего потребляетъ кислородъ воздуха; растеніе разлагаетъ углекислоту, возвращая воздуху кислородъ и переводя углеродъ въ такія соединенія съ водою или водородомъ, какія могутъ быть пригодны въ качествѣ пищи для животныхъ. Передъ нами правильный законченный кругооборотъ углерода; получается впечатлѣніе, будто „колесо жизни“, т.-е. именно этотъ углеродъ, можетъ вращаться непрерывнымъ, даже вѣчнымъ движеніемъ, не нуждаясь въ какомъ-либо толчкѣ. Кажется, будто растеніе и животное обоюдно дополняютъ другъ друга такъ, что одно доставляетъ другому именно то, что потребляетъ другое, и получаетъ отъ другого то, что ему нужно для собственной жизни. Другими словами, тутъ какъ будто разрѣшена задача *regretium mobile*, надъ которой въ средніе вѣка напрасно трудилось столько прилежныхъ, отчасти и даровитыхъ людей,—задача построить машину, которая безъ внѣшняго толчка и ни откуда не заимствуя силу, сама двигалась бы непрерывно и кромѣ того была бы еще источникомъ работы. Хотя ни растеніе, ни животное, въ отдѣльности взятыя, не представляютъ собою такого *regretium mobile*, но оба вмѣстѣ какъ будто являются таковымъ.

Въ дѣйствительности это однако не такъ, и мы можемъ тотчасъ указать, въ чемъ ошибка. Вѣдь растенія растутъ не самостоятельно и не въ любыхъ условіяхъ, они, наоборотъ, нуждаются въ солнечномъ свѣтѣ и безъ него погибаютъ. Приходится поэтому поставить вопросъ: какова роль солнечнаго свѣта въ развитіи растенія?

Для болѣе яснаго пониманія того, что особенно важно и

нужно въ этомъ кругооборотѣ, возьмемъ болѣе простой примѣръ съ нагляднымъ отношеніемъ между причиной и слѣдствіемъ. Возьмемъ для примѣра водяную мельницу. Мы видимъ большое колесо, непрерывно вертящееся и тѣмъ поддерживающее движеніе остальныхъ частей мельницы,—жернововъ, двигательнаго механизма и проч. Колесо вертится непрерывно, и по первому впечатлѣнію кажется, будто колесо самое существенное, именно то, что приводитъ въ дѣйствіе всю мельницу. Но это вѣрно лишь въ томъ отношеніи, что безъ колеса мельница дѣйствительно не можетъ работать. Съ другой же стороны это впечатлѣніе не вѣрно, ибо само собой колесо, конечно, не можетъ двигаться, не можетъ приводить въ дѣйствіе мельницы: оно въ свою очередь должно быть приведено въ движеніе силой паденія воды, которая, свергаясь съ высоты на край колеса, производитъ работу мельницы. Но вода, приводящая въ дѣйствіе мельницу, не періодическое явленіе. Она непрерывно течетъ сверху внизъ и представляетъ собой безусловно поступательный процессъ, а именно такой, безъ котораго періодическій процессъ или кругооборотъ колеса былъ бы вообще невозможенъ. Другими словами, колесо—лишь орудіе, съ помощью котораго работа паденія воды передается мельницѣ. Настоящая же двигательная сила не въ колесѣ, а въ водѣ, падающей съ высоты. Послѣ того, какъ вода изъ верхняго бассейна скатилась въ нижній, она уже больше не способна произвести работы. Для этого ее нужно было бы поднять на прежній уровень, для чего потребовалось бы по меньшей мѣрѣ столько же работы, сколько падающая вода могла бы передать колесу, такъ что трудъ былъ бы совершенно напрасный. Итакъ, сила и расходуется: вода въ верхнемъ бассейнѣ содержала въ себѣ нѣкоторое количество рабочей силы, во время паденія передала ее колесу, которое въ свою очередь перенесло ее на весь двигательный механизмъ мельницы; вытекающая же внизу вода уже

лишена этой рабочей силы. Только приложивъ вновь работу, ее можно бы вновь привести къ прежнему состоянію.

Тутъ у насъ передъ глазами, на особенно простомъ примѣрѣ, сочетаніе періодическаго или круговаго и поступательнаго движенія. Круговое движеніе служитъ для того, чтобы поступательное превратить въ ту форму работы, которая нужна для данной цѣли; ибо падающей водою нельзя непосредственно молоть зерно, — это дѣло вращающихся жернововъ. Но не будь падающей воды, и весь мельничный механизмъ не двигался бы; значить, настоящую работу производить вода, а механизмъ, колесо и прочія мельничныя части превращаютъ эту работу въ надлежащую форму.

Точно таково же соотношеніе растенія и животнаго по отношенію къ углероду. Растеніе и животное, вмѣстѣ взятыя, представляютъ собою мельницу. Вмѣстѣ взятыя, они образуютъ систему, части которой такъ прилажены другъ къ другу, что составляютъ непрерывный процессъ; части этой системы такъ сочетаются, что послѣ каждаго оборота снова приходятъ въ прежнее положеніе; точно такъ же, какъ отдѣльныя части мельничнаго колеса, послѣ каждаго оборота его вокругъ своей оси, вновь попадаютъ въ прежнее положеніе. Но въ жизненномъ механизмѣ роль падающей воды исполняютъ солнечныя лучи; безъ солнечныхъ лучей колесо жизни не можетъ вращаться; и намъ еще предстоитъ точнѣе изслѣдовать соотношенія и законы природы, на которыхъ основано это удивительное превращеніе солнечныхъ лучей въ пищевыя вещества и теплоту.

ГЛАВА X.

Объ энергіи.

Чтобы вполнѣ ясно охватить всю важность этихъ явленій, необходимо усвоить нѣкоторыя общія и основныя понятія, хотя и знакомыя всѣмъ намъ, но требующія нѣ-

сколько болѣе точнаго описанія и опредѣленія, для того, чтобы мы, употребляя соответственные выраженія, отдавали себѣ ясный отчетъ, о чемъ идетъ рѣчь.

Главнымъ образомъ тутъ идетъ рѣчь о работѣ. Мы знаемъ самыя разнородныя работы, — работу интеллектуальную и работу механическую; съ одной стороны, работу, требующую особеннаго дарованія и навыка, съ другой стороны, такую, для выполненія которой не требуется ни животной, ни человѣческой силы, даже вообще не требуется жизни въ какой-либо формѣ, а которая выполняется безжизненными машинами. Всѣ эти работы отличаются тѣмъ, что при этомъ нѣчто потребляется и создается какой-либо желаемый продуктъ работы. Безъ потребления нѣтъ работы; на любомъ явленіи, какъ на примѣръ водяной мельницы, мы отличаемъ механизмъ, служащій посредникомъ для достиженія желаемаго результата, отъ запаса или источника рабочей силы, безъ котораго механизмъ вообще не способенъ дѣйствовать.

Мы уже говорили о имѣвшихъ мѣсто въ прошедшихъ вѣкахъ всевозможныхъ попыткахъ построить машину, не нуждающуюся въ запасѣ или источникѣ рабочей силы. Построеніе подобныхъ машинъ всегда оказывалось невыполнимымъ, сколько бы злосчастные счастливцы-изобрѣтатели ни воображали, что наконецъ найдена машина, которая „должна безусловно пойти“. Но каждый разъ, когда пытались на дѣлѣ примѣнить такую машину, оказывалось, что она отказывается дѣйствовать; въ результатѣ всѣхъ попытокъ пришлось, наконецъ, притти къ тому заключенію, что такія машины вообще не могутъ итти, потому что онѣ ни при какихъ обстоятельствахъ не могутъ двигаться самостоятельно, а безусловно и всегда требуютъ побудительнаго толчка. Есть побудительный толчокъ, и машина способна производить работу, по количеству соразмѣрную съ силой толчка, полученнаго ею, точно такъ же, какъ товаръ получаешь, только заплативъ за него деньги. Количество полу-

чаемаго товара всегда соразмѣрно съ количествомъ истраченныхъ денегъ; безъ траты ничего нельзя получить. А задача изобрѣтателей *regretium mobile* сводилась къ тому, что они безъ денегъ хотѣли приобрести товаръ. Но совокупность опытовъ въ этой области окончательно доказала, что такое предпріятіе въ области механики такъ же невыполнимо, какъ и въ нормальной экономической области.

Сопоставленіе опытовъ привело, наконецъ, къ тому, что трату и потребленіе во время работы стали считать чѣмъ-то дѣйствительно сущимъ, даже сопоставляемымъ съ реальными предметами. Какъ мы видѣли уже въ началѣ нашихъ бесѣдъ, вещества также подчинены закону сохраненія вѣса (или массы, что практически безразлично); вѣдь никоимъ образомъ нельзя создать вещество, не потребивъ для образованія его другихъ веществъ одинаковаго съ нимъ вѣса. Изъ ничего никоимъ образомъ нельзя создать вещество; но такъ же невозможно уничтожить вещества и превратить ихъ въ ничто. Все, что можно произвести съ ними, ограничивается превращеніемъ ихъ изъ данныхъ формъ въ другія. То, что мы говоримъ о веществахъ, можно сказать и о томъ, что обуславливаетъ работу, что можетъ перейти и превратиться въ работу самой разнообразной формы.

Чтобы быть въ состояніи говорить о ней, дадимъ этой силѣ разъ на всегда опредѣленное названіе. Называется эта сила энергіей. Тутъ, конечно, не можетъ быть рѣчи о моральномъ качествѣ энергіи,—мы говоримъ о точно измѣряемой физической величинѣ. Она обладаетъ особеннымъ свойствомъ превращаться во всевозможные виды работы, но всегда при томъ предположеніи, что известное количество ея тратится на произведеніе работы. И такъ, энергія есть нѣчто такое, что или само по себѣ есть работа, или можетъ перейти въ работу, или же получается какъ продуктъ какой-либо работы. Это нѣчто,—такое же несоздаваемое и неуничтожаемое, какъ вещество,—можетъ быть воспри-

нято нами какъ нѣчто вещественное. Отъ вещества оно отличается тѣмъ, что не обязательно обладаетъ вѣсомъ и не обязательно занимаетъ пространство. Сходство же его съ веществами состоитъ въ его отличительномъ свойствѣ несоздаваемости и неуничтожаемости. Оно представляетъ собою нѣчто гораздо болѣе тонкое и труднѣе поддающееся учету, нежели обыкновенныя вещества; поэтому-то лишь сравнительно недавно и поняли сущность этого новой категоріи явленій, именуемой энергіей.

Понятіе объ энергіи какъ о вещественной сущности—довольно новое приобрѣтеніе человѣческой мысли и поэтому часто еще вызываетъ противорѣчія и недоумѣніе, которыя, однако, при болѣе тщательномъ изслѣдованіи, оказываются несущественными, основанными лишь на недостаткѣ привычки мышленія. Не будемъ забираться въ неясныя дебри гипотезы, а будемъ, наоборотъ, безусловно придерживаться фактовъ. Факты эти доказываютъ намъ, что, во-1-хъ, энергія въ предѣлахъ всѣхъ областей, доступныхъ нашему вліянію, никогда не можетъ быть ни создана, ни уничтожена; что, во-2-хъ, всюду, при какихъ бы то ни было явленіяхъ, происходящихъ въ природѣ, мы встрѣчаемся съ энергіей какъ съ величиной, всегда и безъ исключенія причастной ко всему, что происходитъ, и количественная величина которой при превращеніяхъ въ большой мѣрѣ опредѣляетъ качество и направленіе процесса.

Если энергія представляетъ собою нѣчто всегда и вездѣ присутствующее, гдѣ вообще происходитъ что-либо, нѣчто измѣряемое и опредѣляемое, нѣчто поддающееся столь многообразнымъ превращеніямъ, не измѣняя при этомъ своего количества, то всѣ условія реальности этого явленія налицо. Вѣдь еще можно поспорить о томъ, реальнѣе ли характерная особенность, присущая всѣмъ конкретнымъ веществамъ, т.-е. вѣсъ,—реальнѣе ли онъ дѣйственной силы, присущей, наоборотъ, лишь энергіи. А если вспомнимъ о томъ, что энергія, какъ важный предметъ купли и продажи,

всюду играет роль, гдѣ нужна какая-либо работа, что она представляет собою цѣнность, покупается и продается, то мы и съ этой современной стороны приближаемся къ реальности существованія ея. Что дѣло обстоит именно такъ, это доказываетъ, на примѣръ, та цѣнность, которую представляют собою водопады или рѣки съ сильнымъ паденіемъ. Когда использована такъ называемая естественная „водяная сила“, то данная машина, турбина или колесо, отдаетъ, какъ извѣстно, внизу то же количество воды, какое притекло сверху. Мы навѣрное знаемъ, что вода не утратила ничего матеріальнаго или вѣсмаго. А между тѣмъ потребитель такого количества воды уплачиваетъ собственнику соответственную ренту, считаемую по числу лошадиныхъ силъ въ годъ, т.-е. по извѣстной рабочей величинѣ за это время. Другими словами: въ то время какъ вода, какъ нѣчто не имѣющее цѣны, пробѣгаетъ по машинѣ и оставляетъ ее въ томъ же количествѣ, въ какомъ она притекла, машина извлекаетъ изъ воды энергію и переноситъ ее на механизмъ, гдѣ она подвергается желаемымъ измѣненіямъ, согласно съ устройствомъ машины.

И какъ въ данномъ случаѣ энергія паденія воды обуславливаетъ цѣнность „водяной силы“, такъ обстоитъ и со всѣми остальными источниками энергіи. Такъ, на примѣръ, большинство фабричныхъ, желѣзнодорожныхъ и проч. производствъ приводятся въ дѣйствіе посредствомъ каменнаго угля, сжигаемаго съ помощью притока свѣжаго воздуха. Мы уже знаемъ, что каменный уголь состоитъ преимущественно изъ углерода наряду съ небольшимъ количествомъ водорода и нѣкоторыхъ другихъ элементовъ, не имѣющихъ для насъ значенія. Сгорая, углеродъ каменнаго угля и кислородъ воздуха превращаются въ углекислоту. При этомъ, какъ извѣстно, общій вѣсъ остается совершенно неизмѣннымъ, какъ не мѣняется и количество воды, приводящей въ движеніе водяную мельницу. Уголь и водородъ содержатъ въ себѣ кромѣ того энергію особаго рода, а именно химиче-

скую энергію, тогда какъ углекислота, хотя и содержитъ небольшое количество ея, но значительно меньше, нежели свободные элементы. Итакъ, при переходѣ изъ одного состоянія въ другое тоже утрачивается энергія, какъ при паденіи воды съ высоты верхняго бассейна до нижняго. Энергія эта проявляется въ формѣ теплоты, представляющей собою одинъ изъ видовъ энергіи. Ибо она въ паровыхъ машинахъ въ состояніи производитъ механическую работу. Сколько образуется механической работы, столько потребляется теплоты въ машинѣ.

Никогда, впрочемъ, нельзя превратить всю теплоту въ механическую работу; всегда приходится отдавать часть теплоты неиспользованной; точно такъ же можно использовать и водяную силу лишь на высоту ея паденія до нижняго бассейна, тогда какъ, по теоріи, она могла бы производить работу, соотвѣтствующую паденію до центра земли. Впрочемъ, это вопросы, въ которые намъ нечего подробно вдаваться.

Важно то, что часть теплоты, получаемой при сгораніи угля, дѣйствительно можетъ быть превращена въ механическую работу, и въ этой формѣ примѣнена для всѣхъ тѣхъ цѣлей, для которыхъ предназначена данная машина. А весь углеродъ, въ формѣ каменнаго угля положенный нами подъ котель, выпускается въ трубу, въ образѣ углекислоты — поскольку онъ выполнилъ свое назначеніе, въ формѣ сажи — поскольку онъ уклонился отъ своей цѣли, т.-е. отъ окончательнаго сгоранія. Итакъ, сажа — не только надѣдливая составная часть дыма, но и непосредственная потеря энергіи, потому что, сгори она, и образовалось бы соотвѣтственное количество теплоты подъ котломъ. Мы видимъ, что углеродъ, первоначально несшій въ себѣ энергію, подобно водѣ проходитъ чрезъ машину въ неизмѣнившемся количествѣ и что онъ, образовавъ соединеніе, углекислоту, утратилъ свою химическую энергію, и такъ же лишился всякой цѣнности, какъ стекающая въ нижній бас-

сейнь вода. Единственной цѣнностью углерода и была энергія, извлеченная изъ него въ формѣ теплоты изъ угля, превратившаяся затѣмъ, какъ описано выше, въ механическую энергію, которая въ свою очередь подвергается разнообразнымъ дальнѣйшимъ превращеніямъ въ фабричномъ производствѣ. Если бы углеродъ самъ по себѣ представлялъ какую-нибудь цѣнность, то, конечно, постарались бы удержать его въ дыму въ формѣ углекислоты. Между тѣмъ стараются, наоборотъ, удалить дымъ какъ можно дальше отъ мѣста производства и съ этой цѣлью строятъ высокія трубы, уносящія газообразные продукты сгорания въ верхніе слои воздуха, для того, чтобы по возможности разбавить и разсѣять ихъ раньше, чѣмъ они снова коснутся земли. Итакъ, въ фабричныхъ производствахъ углероду не придаютъ никакой цѣнности. Энергію же, извлекаемую изъ него, наоборотъ, считаютъ дѣйствительно цѣнной. И фабрикантъ употребляетъ всѣ средства, чтобы избѣжать или по крайней мѣрѣ уменьшить напрасную трату теплоты и работы.

Такихъ примѣровъ можно привести много. Но во всѣхъ нихъ общія черты настолько правильно повторяются, что читатель самъ можетъ примѣнить тотъ же ходъ разсужденія и къ тѣлу человѣка, и къ обмѣну веществъ въ немъ и убѣдиться, что судьба какъ тѣхъ веществъ, изъ которыхъ состоитъ пища, такъ и той энергіи, которую выдѣляютъ они при сгораніи въ тѣлѣ человѣка, такова же, что и въ случаѣ паденія воды или горѣнія каменнаго угля. И все больше и больше укрѣпляется выводъ, что энергія — вотъ что движетъ всѣми процессами въ мірѣ и что опредѣляетъ цѣнность вещей.

Такимъ образомъ, всѣ процессы, происходящіе во вселенной, можно опредѣлить, какъ явленія, при которыхъ энергія одного рода переходитъ въ энергію другого рода, причемъ, однако, количество энергіи остается неизмѣннымъ, форма же ея и свойства подвержены самымъ разнообразнымъ измѣ-

неніямъ. Мы не знаемъ на самомъ дѣлѣ ни одного процесса, ни одного какого бы то ни было явленія, гдѣ опредѣленные количества энергіи одного рода не превращались бы въ соответствующія количества энергіи другого рода. И по большей части исчезаютъ и вновь образуются энергіи не одного рода, а разныя. Такимъ образомъ, энергія во всѣхъ процессахъ во вселенной является самымъ существеннымъ и рѣшающимъ моментомъ, она лежитъ въ основѣ дѣйствительныхъ процессовъ, тогда какъ вещества—только носители и вспомогательное орудіе для ея проявленій. Ниже мы еще убѣдимся въ томъ, что и самыя вещества можно опредѣлить какъ проявленіе исходящей изъ нихъ энергіи, и въ томъ, что они представляютъ собою своего рода пучки или группы различныхъ видовъ энергіи, которые въ силу извѣстныхъ условій объединены въ пространствѣ и путемъ превращенія заключающихся въ нихъ видовъ энергіи создаютъ тѣ явленія, о которыхъ мы привыкли думать, что они зависятъ отъ различныхъ свойствъ матеріи.

Однако, прежде чѣмъ приступить къ разсмотрѣнію этихъ вопросовъ, намъ слѣдуетъ познакомиться съ тѣмъ, какъ происходятъ превращенія энергіи.

ГЛАВА XI.

Механическая энергія.

Изъ всего, что до сихъ поръ сказано, ясно прежде всего, что существуетъ весьма большое число различныхъ видовъ энергіи. Чаше всего упоминалась механическая энергія, или механическая работа. Она проявляется повсюду, гдѣ тѣла движутся одно относительно другого, напр., когда движутся части машины. Она проявляется также въ сокращеніяхъ мышцъ нашего тѣла при письмѣ, ударѣ и вообще при всѣхъ измѣненіяхъ положенія нашей тѣлесной машины въ пространствѣ.

Механическая работа измѣряется произведеніемъ изъ силы, вызывающей движеніе, на путь, по которому это движеніе происходитъ. Такимъ образомъ, тройная сила, дѣйствуя на одной трети пути, производитъ ту же работу, что и простая сила при дѣйствіи ея на протяженіи всего даннаго пути. Простыя машины, какъ рычагъ, клинъ, винтъ и др., служатъ для того, чтобы превращать одну механическую работу въ другую, но только иначе направленную или же проявляющуюся въ иной формѣ. А такъ какъ работа не можетъ возникать изъ ничего, то необходимо должно соблюдаться отношеніе, въ силу котораго произведеніе изъ силы на путь, т.-е. количество работы, которое тратится, въ точности было бы равно количеству работы, которое получается. Другими словами, при такого рода машинахъ сила обратно пропорціональна пути. Въ этомъ и состоитъ такъ называемое „золотое правило“ механики, которое было извѣстно задолго до того, какъ узнали о сохраненіи энергіи.

Кромѣ этого рода энергіи извѣстенъ еще цѣлый рядъ другихъ. Прежде всего надо упомянуть объ энергіи движенія, которая содержится въ тяжеломъ или обладающемъ массой тѣлѣ въ зависимости отъ быстроты, съ какой оно движется. Если мы, на примѣръ, выстрѣлимъ изъ ружья пулей, то, по свойствамъ содержащагося въ ней вещества, летящая пуля совершенно тождественна съ покоящейся пулей. Но въ то время, какъ покоящаяся пуля—предметъ совершенно безопасный, который не только не причиняетъ никакого вреда, но и не въ состояніи даже вызвать какія бы то ни было физическія измѣненія,—пуля, вылетѣвшая изъ ружья, уже крайне опасна; она можетъ нанести величайшій вредъ и вызвать очень значительныя дѣйствія. Все же различіе между обѣими пулями заключается только въ ихъ скорости. Мы знаемъ, что дѣйствіе летящей пули тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше ея скорость, а также чѣмъ больше ея масса, т.-е. чѣмъ пуля тяжелѣе. Первый факторъ, т.-е. быстрота летящей пули, имѣетъ на работу или на дѣйствіе,

какое она сможет произвести, особенно большое влияние. Удвоенная быстрота увеличивает работоспособность пули не вдвое, а вчетверо, а удесятеривъ быстроту движущейся массы, мы тѣмъ самымъ повысимъ ея дѣйствіе во сто разъ. Другими словами, дѣйствіе движущейся массы или ея энергіи пропорціонально квадрату ея скорости (т.-е. величинѣ скорости, умноженной на самое себя).

Кромѣ того на энергію пули вліяетъ, какъ сказано, также и вѣсъ, или масса тѣла. Вѣсъ и масса представляютъ собою двѣ совершенно различныя съ физической точки зрѣнія величины, но эти величины всегда пропорціональны между собою, а потому, зная вѣсъ даннаго тѣла, мы можемъ опредѣлить и его массу. Что же касается вліянія массы на количество энергіи движущагося тѣла, то энергія его прямо пропорціональна его массѣ, а не ея квадрату, какъ это было въ случаѣ скорости.

Изъ другихъ видовъ механической энергіи упомянемъ еще объ энергіи формы. Она называется еще упругостью и является причиной того, что твердые или упругія тѣла сохраняютъ свою внѣшнюю форму, пока она не измѣнится подъ вліяніемъ какихъ-нибудь другихъ силъ или причинъ. Мы, напримѣръ, знаемъ, что карманные часы идутъ въ теченіе двадцати четырехъ часовъ оттого, что мы завели пружину, которая и приводитъ въ движеніе часовой механизмъ. Здѣсь дѣло заключается въ томъ, что мы употребляемъ силу нашего тѣла для того, чтобы завести пружину часовъ, и тѣмъ, что мы измѣняемъ ея форму, мы дѣлаемъ ее какъ бы хранилищемъ или аккумуляторомъ энергіи. Такимъ образомъ, на самомъ-то дѣлѣ часы движутся не отъ дѣйствія силы пружины, а отъ дѣйствія человеческой силы. Пружина же служитъ лишь для того, чтобы превращать механическую работу человеческой мышцы въ энергію формы заведенной пружины, такъ что употребленное для этой цѣли количество энергіи остается внутри часовъ и идетъ на то, чтобы поддерживать ихъ ходъ въ

теченіе опредѣленнаго времени. Можно, конечно, спросить, — почему же часы не могутъ отъ одного завода ходить вѣчно. Потому что затраченная и накопленная въ пружинѣ энергія расходуется на то, чтобы преодолѣвать треніе осей и зубцовъ часовыхъ колесиковъ. Въ хорошихъ часахъ треніе чрезвычайно мало, другими словами, — для поддержанія ихъ хода требуется чрезвычайно мало работы, но все же эта работа ни въ коемъ случаѣ не можетъ быть равной нулю. При помощи различныхъ усовершенствованій ее можно низвести до крайнихъ предѣловъ, но совершенно уничтожить ее нельзя. Поэтому всякіе часы, даже наилучшіе, расходуютъ въ опредѣленное время совершенно опредѣленное количество энергіи, и эту энергію въ томъ или иномъ видѣ надо вновь доставлять часамъ, если мы желаемъ, чтобы они не оставались.

Но особо важную форму механической энергіи представляетъ энергія тяжести, или энергія тяготѣнія, которая проявляется на земной поверхности въ томъ, что всѣ вѣсомыя тѣла стремятся занять такое положеніе, при которомъ бы они всего ближе были къ центру земли. Поэтому-то камни и прочія тяжести падаютъ на землю, лишь только останутся безъ опоры, и всѣ рѣки текутъ съ горъ въ долины и никогда — въ обратномъ направленіи; и горы отъ дѣйствія дождевой воды понижаются; куски скаль при замерзаніи откалываются и скатываются внизъ, потому что расширение воды при образованіи льда дѣйствуетъ на каменные породы какъ взрывчатое вещество. Поэтому-то на земной поверхности и наблюдается постоянное стремленіе къ сглаживанію всѣхъ ея неровностей.

Энергія тяжести дѣйствуетъ, однако, не на одной лишь земной поверхности. Ньютонъ сдѣлалъ великое открытіе, что ея дѣйствіе распространяется на всю вселенную. Всѣ планеты движутся вокругъ солнца благодаря энергіи тяжести, которая связуетъ всѣ небесныя тѣла въ одно цѣлое. Всѣ астрономическія явленія въ пространствѣ и во времени сводятся къ зак-

номѣрнымъ періодическимъ превращеніямъ энергіи движенія въ энергію тяготѣнія, или тяжести. Когда планеты находятся ближе всего къ солнцу, энергія ихъ движенія всего больше. Онѣ обладаютъ тогда наибольшей скоростью, но въ то же время энергія ихъ тяжести имѣетъ наименьшее значеніе, потому что онѣ находятся ближе всего къ общему центру тяжести всей солнечной системы и обратно, когда планеты находятся въ отдаленіи отъ солнца, то быстрота ихъ наименьшая, а потому и энергія ихъ движенія имѣетъ наименьшее изъ всѣхъ возможныхъ для нихъ въ этой системѣ значеній. Въ то же время энергія ихъ тяготѣнія достигаетъ наибольшей величины, потому что изъ этого положенія планеты могутъ лишь приблизиться къ солнцу, но никакъ не удалиться.

Кромѣ этихъ формъ механической энергіи есть еще энергія поверхности и нѣкоторыя другія формы энергіи. На нихъ мы, однако, останавливаться не станемъ, ибо для нашихъ послѣдующихъ разсужденій онѣ не потребуются.

ГЛАВА XII.

Т е п л о т а.

Среди не механическихъ видовъ энергіи теплота является наиболѣе распространенной и важной. Что теплота есть энергія, слѣдуетъ изъ того, что изъ нея можно создать механическую работу, стало быть, одну изъ извѣстныхъ намъ формъ энергіи, и, наоборотъ, механическую работу можно превратить въ теплоту.

Уже болѣе ста лѣтъ тому назадъ графъ Румфордъ, работая въ баварскихъ военныхъ мастерскихъ, открылъ этотъ крайне неожиданный для его времени и для всѣхъ временъ замѣчательный фактъ. Если при просверливаніи пушечнаго жерла примѣнять тупое сверло, которое даетъ только треніе, а не полезную работу, то черезъ нѣсколько часовъ вода,

въ которой помѣщалась пушка вмѣстѣ со сверломъ, закипала. Онъ такимъ образомъ доказаль, что механическую работу можно превратить въ теплоту. Важное значеніе этого опыта оцѣнено было лишь гораздо позже, когда нѣмецкій врачъ Юліусъ Робертъ Майеръ выяснилъ этотъ вопросъ теоретически. Помимо этого Майеръ на основаніи извѣстныхъ уже въ то время физическихъ данныхъ, касающихся развитія теплоты при сжиманіи газовъ, даль точное числовое соотношеніе между количествомъ потребленной работы и выдѣлившейся теплоты.

Майеръ былъ первымъ, кто съ полной ясностью оцѣнилъ всеобъемлющее значеніе этого соотношенія, ибо онъ создалъ представленіе объ энергіи, какъ о величинѣ, которая, подобно матеріи, не созидаема и не уничтожаема и которая можетъ лишь превращаться изъ одной формы въ другую.

Въ дополненіе къ характеристикѣ теплоты необходимо еще прибавить, что она является наиболѣе распространенной и, такъ сказать, наиболѣе привычной изъ всѣхъ формъ энергіи, потому что всѣ другія формы энергіи съ особенной легкостью переходятъ въ теплоту, въ то время какъ обратное превращеніе теплоты въ какой-нибудь другой видъ энергіи встрѣчаетъ значительныя затрудненія. А кромѣ того, такого рода превращеніе возможно лишь въ ограниченныхъ предѣлахъ. Не требуется, на примѣръ, никакихъ особыхъ приспособленій для того, чтобы получить теплоту изъ механической работы или превратить механическую работу въ теплоту. Если, на примѣръ, слишкомъ быстро спускаться по столбу или по веревкѣ, то на своихъ же собственныхъ рукахъ можно почувствовать, какъ энергія тяжести падающаго тѣла превращается въ теплоту,—ладони такъ нагрѣваются, что обжигаются и на нихъ вздуваются пузыри.

И вотъ, въ то время какъ превращеніе механической работы въ теплоту происходитъ вездѣ и безъ всякихъ затрудненій, обратное превращеніе теплоты въ механическую энергію требуетъ уже особенныхъ машинъ. Паровыя машины,

машины, приводимыя въ движеніе горячимъ воздухомъ или взрывами, представляютъ изъ себя именно такіе аппараты, но, какъ извѣстно, соорудить ихъ и привести въ правильное движеніе дѣло далеко не легкое. То же можно сказать и о превращеніи теплоты въ другія формы энергіи, въ чемъ мы въ послѣдствіи безъ труда убѣдимся.

И химическая энергія тоже крайне легко превращается въ теплоту. Процессы сгоранія вѣдь не что иное, какъ примѣръ превращенія химической энергіи въ теплоту. Для того, чтобы превратить химическую энергію въ электрическую, нужны особые аппараты и приспособленія; переходъ же химической энергіи въ теплоту повсюду происходитъ крайне легко; онъ протекаетъ, такъ сказать, самъ собою: достаточно вызвать химическій процессъ, приведя необходимыя для этого тѣла въ соприкосновеніе, и освобождающаяся при этомъ химическая энергія обнаружится въ видѣ теплоты. На этомъ автоматическомъ образованіи тепла изъ химической энергіи основывается одинъ изъ способовъ ея измѣренія. Этотъ способъ послужилъ основаніемъ для цѣлой науки—термохиміи.

И электрическая энергія также гораздо легче превращается въ теплоту, чѣмъ теплота — въ электрическую энергію. Мы знаемъ, что всякій электрический токъ, идущій по какому-нибудь проводнику, развиваетъ въ этомъ проводникѣ теплоту въ количествѣ, соотвѣтствующемъ силѣ его сопротивленія. На это нагрѣваніе затрачивается определенное количество электрической энергіи, что въ большинствѣ случаевъ является потерей. Это свойство проводника называется его сопротивленіемъ, и его можно сравнить съ треніемъ въ механическихъ машинахъ, потому что треніе тоже превращаетъ работу въ теплоту.

Различные проводники электричества различаются лишь по количеству тепла, какое они отнимаютъ у электрическаго тока; различія же по существу нѣтъ никакого, ибо совершенно не сопротивляющихся проводниковъ, по которымъ бы

токъ проходилъ, не развивая никакой теплоты, вовсе не существуетъ.

Зато обратный переходъ теплоты въ электрическую энергію гораздо затруднительнѣе. Для этой цѣли существуютъ особыя приспособленія, основанныя на томъ, что въ мѣстахъ соприкосновенія различныхъ металловъ возникаютъ при нагрѣваніи электрическія напряжения, которыя затѣмъ можно перевести въ электрической токъ. Но при нашихъ современныхъ средствахъ это превращеніе еще весьма не полное, иначе говоря, въ электрическую энергію превращается такое незначительное количество теплоты, что служащіе для этой цѣли аппараты, термоэлектрическія цѣпи, еще не могутъ играть никакой технической роли, хотя съ точки зрѣнія техники было бы желательно превращать теплоту непосредственно въ электрическую энергію.

Подобно этому и у всѣхъ прочихъ видовъ энергіи, о которыхъ рѣчь еще впереди, наблюдается необычайно легкое превращеніе въ теплоту, обратное же превращеніе теплоты въ другіе виды энергіи всегда и вездѣ связано съ большими затрудненіями.

Что же касается общаго характера или видовыхъ признаковъ теплоты, то они общеизвѣстны. Необходимо строго отличать количество теплоты отъ температуры. Эти понятія существенно различны. Теплота обладаетъ всѣми свойствами нѣкотораго количества энергіи и, слѣдовательно, представляетъ собою величину, которую можно дѣлить и складывать; въ то же время температура обладаетъ совершенно иными свойствами.

Температура можетъ быть совершенно одинаковой при весьма малыхъ и при самыхъ большихъ количествахъ теплоты. Если мы соединимъ два тѣла одинаковой температуры, то температура останется прежней, въ то время какъ при соединеніи двухъ равныхъ количествъ теплоты получится удвоенное количество теплоты. Съ другой стороны, одно и то же количество теплоты можетъ имѣть различную темпе-

ратуру. Такимъ образомъ температура представляется намъ какъ особое свойство теплоты, присущее каждому данному количеству тепла и отъ значенія котораго зависитъ характеръ или особенности этой теплоты. Представимъ себѣ нѣкоторое пространство, въ которомъ температура повсюду совершенно одинакова; въ этомъ пространствѣ можетъ заключаться любое количество теплоты, и температура будетъ всегда одинакова. Одинаковость температуры указываетъ на то, что между двумя данными точками теплота находится въ состояніи покоя и не перемѣщается, въ то время какъ неодинаковость температуры указываетъ какъ разъ обратное. Если температура въ разныхъ мѣстахъ даннаго пространства не одинакова, то мы уже навѣрное знаемъ, что здѣсь неизбежно наступитъ вполне опредѣленное явленіе, а именно, теплота будетъ перемѣщаться изъ области высокой въ область низкой температуры, и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока температура вездѣ не станетъ одинаковой. Чѣмъ больше теплоты уйдетъ изъ какого-нибудь пространства, тѣмъ ниже станетъ его температура. Чѣмъ больше теплоты въ это пространство войдетъ, тѣмъ выше поднимется его температура. Мы видимъ, такимъ образомъ, что между температурой и теплотой зависимость приблизительно такая же, какъ между давленіемъ и газомъ, который мы желаемъ вмѣстить въ опредѣленное пространство, въ опредѣленный объемъ. Чѣмъ больше газа мы помѣщаемъ въ данномъ объемѣ, тѣмъ выше будетъ его давленіе; чѣмъ меньше въ немъ будетъ газа, тѣмъ давленіе будетъ ниже. Такъ же обстоитъ дѣло и съ теплотой. Чѣмъ больше теплоты заключается въ данномъ пространствѣ, тѣмъ выше въ немъ температура, чѣмъ меньше въ данномъ пространствѣ (или тѣлѣ) теплоты, тѣмъ ниже его температура.

Эти явленія знакомятъ насъ въ общихъ чертахъ съ весьма существеннымъ свойствомъ энергіи, которое присуще, хотя, быть можетъ, и не столь ясно выраженное, какъ у теплоты, всѣмъ прочимъ видамъ энергіи. У каждаго вида энергіи

имѣется свойство, которое можно измѣрять и отъ котораго зависитъ, будетъ ли энергія находиться въ данномъ пространствѣ въ покоѣ, или же нѣтъ. Если это свойство, которому мы дадимъ общее названіе интенсивности даннаго вида энергіи, будетъ во всѣхъ мѣстахъ даннаго пространства одинаково, то энергія будетъ находиться въ покоѣ, съ нею въ данномъ пространствѣ ничего не происходитъ. Если температура въ данномъ пространствѣ одинакова, то съ теплотою ничего не происходитъ. Если давленіе въ газѣ повсюду одинаково, то газъ не движется. Если, напримѣръ, на какомъ-нибудь опредѣленномъ мѣстѣ земной поверхности давленіе воздуха повсюду одинаково, то въ воздухѣ нѣтъ никакого движенія, нѣтъ ни вѣтра, ни бури. Если въ какомъ-нибудь пространствѣ, наполненномъ электрической энергіей, напряженіе электричества повсюду одинаково, то нѣтъ никакого движенія электрической энергіи (или движенія электричества). Стало бытъ, въ отношеніи электричества, въ нашемъ пространствѣ все находится въ покоѣ.

Такимъ образомъ, каждый видъ энергіи имѣетъ свой факторъ интенсивности, какъ обыкновенно называютъ эту величину, или свойство, а подъ покоемъ, или равновѣсіемъ, разумѣютъ такое состояніе, когда факторъ интенсивности во всѣхъ частяхъ даннаго пространства одинаковъ. Если что-нибудь совершается, то несомнѣнно, что въ данномъ пространствѣ существуютъ различія въ интенсивности энергіи, и само явленіе всегда состоитъ въ томъ, что энергіи этого пространства измѣняются въ томъ смыслѣ, что различія въ интенсивности выравниваются, и это продолжается до тѣхъ поръ, пока она не станетъ повсюду одинаковой.

Таковы тѣ наиболѣе простыя соотношенія, какія можно наблюдать у различныхъ видовъ энергіи. Наряду съ этимъ существуютъ и болѣе сложныя соотношенія; они состоятъ въ томъ, что разные виды энергіи такъ сопряжены между собой и находятся въ такой зависимости другъ отъ друга, что нельзя измѣнить одного изъ нихъ безъ того, чтобы

не измѣнились и другіе. Тогда и различныя степени интенсивности этихъ сопряженныхъ видовъ энергіи въ свсю очередь тоже находятся въ зависимости другъ отъ друга, или сопряжены между собою, и, въ результатѣ, соотношенія очень запутываются. Намъ, однако, нѣтъ нужды заниматься здѣсь этимъ вопросомъ болѣе подробно.

Г Л А В А XIII.

Другіе виды энергіи.

Продолжая разсмотрѣніе различныхъ видовъ энергіи, мы прежде всего должны остановиться нѣсколько подробнѣе на энергіи электрической. Въ жизни животныхъ и растений она, на первый взглядъ, не играетъ особенно важной роли, по крайней мѣрѣ, поскольку это касается большинства организмовъ; значеніе электричества стало выясняться лишь въ теченіе послѣднихъ десятилѣтій подъ вліяніемъ успѣховъ электротехники.

Электрическая энергія—это такая энергія, которая легко получается изъ механической и химической энергіи и труднѣе изъ тепловой. Ее безъ затрудненій можно переводить въ любое мѣсто и тамъ превращать опять въ другіе виды энергіи. Всѣмъ извѣстно, что такая передача совершается при помощи металлическихъ (лучше всего—мѣдныхъ) проволокъ и что огромныя количества энергіи можно передать съ помощью сравнительно тонкихъ проволокъ. Передача силы, даже въ нѣсколько лошадиныхъ силъ, отъ двигателя къ какой-нибудь рабочей машинѣ, посредствомъ стержней, канатовъ или ремней, требуетъ уже довольно тяжелыхъ соединительныхъ частей, а электрическая энергія во много сотенъ и даже тысячъ лошадиныхъ силъ можетъ быть передаваема по такимъ тонкимъ проволокамъ, что, по сравненію съ громаднымъ количествомъ энергіи, онѣ кажутся совершенно ничтожными.

Сравнительно легко происходит также превращеніе электрической энергіи въ другіе виды энергіи. Особенно легко и весьма совершенно, т.-е. съ ничтожной потерей (въ видѣ тепла), получается изъ электрической энергіи механическая при помощи электромотора.

Очень важна для насъ, наконецъ, еще одна форма энергіи, которую мы называемъ свѣтомъ. Раньше его считали особымъ видомъ энергіи, лучистой энергіей. Но изслѣдованія послѣднихъ десятилѣтій привели къ тому, что въ настоящее время свѣтъ считаютъ явленіемъ электромагнитнымъ и, стало быть, не самостоятельнымъ родомъ энергіи, а производнымъ, особымъ проявленіемъ электрической энергіи, которая въ извѣстной комбинаціи съ магнитной и образуетъ свѣтъ. (Магнитная энергія во многомъ похожа на электрическую, но въ то же время существенно отъ нея отличается.)

Подобно тому какъ, напр., при звукѣ происходитъ взаимное превращеніе энергіи упругости воздуха и энергіи его движенія, такъ и при свѣтѣ превращаются другъ въ друга энергіи электрическая и магнитная. Эти превращенія чередуются черезъ чрезвычайно малые промежутки времени; отсюда и происходитъ всѣмъ извѣстная и столь характерная періодичность свѣта. Намъ нѣтъ нужды вдаваться здѣсь въ подробности этихъ трудныхъ и запутанныхъ вопросовъ. Достаточно знать, что хотя свѣтъ и не является самостоятельной и специфической энергіей, все же вполне целесообразно будетъ разсматривать его, какъ обладающую особыми свойствами и легко возникающую форму энергіи.

Итакъ, для нашихъ теперешнихъ цѣлей вполне допустимо считать свѣтъ за самостоятельный родъ энергіи, такъ какъ рѣчь идетъ лишь объ общихъ свойствахъ этого своеобразнаго проявленія энергіи и способа ея превращенія. Для свѣтовой энергіи очень характерно то, что она движется черезъ пространство съ невѣроятной быстротой.

Ее называютъ и болѣе общимъ именемъ -- лучистая энер-

гія, потому что кромѣ нея встрѣчается въ большомъ количествѣ еще другая энергія, обладающая тѣми же свойствами, но отличающаяся отъ нея длиной волны. Эта энергія въ отличіе отъ первой, которую мы ощущаемъ, какъ свѣтъ, не доходитъ до нашего сознанія въ видѣ свѣтового ощущенія. Дѣло въ томъ, что нашъ глазъ представляетъ собою аппаратъ, который въ состояніи воспринимать лишь опредѣленную и сравнительно небольшую часть лучистой энергіи. Всѣ же другіе виды лучей, характеризующіеся большей или меньшей длиной волны, обнаруживаютъ всѣ свойства свѣта, или лучистой энергіи, за исключеніемъ одного—они не вызываютъ въ нашемъ глазу знакомаго свѣтового ощущенія. Потому цѣлесообразнѣе называть свѣтовую энергію болѣе общимъ именемъ лучистой энергіи.

Свѣтъ, или лучистая энергія, имѣетъ для разсматриваемаго здѣсь круга явленій особое значеніе, такъ какъ не только процессы жизни, но вообще все, что происходитъ на землѣ, вызывается лучистой энергіей солнца. У земли совершенно нѣтъ собственныхъ запасовъ энергіи, которыми бы она могла воспользоваться; и если бы солнце представляло собою темное тѣло, то поверхность земли была бы совершенно безжизненна, на ней не происходило бы никакихъ процессовъ. Все, что есть на землѣ привлекательнаго и разнообразнаго, все существуетъ исключительно благодаря дѣйствию солнечныхъ лучей на земную поверхность.

Остановливаясь прежде всего на явленіяхъ неорганическихъ, мы видимъ, что вслѣдствіе нагрѣванія солнечными лучами вода океановъ, рѣкъ и ручьевъ непрестанно испаряется. Въ такомъ состояніи въ формѣ газа, менѣе плотнаго, чѣмъ воздухъ, она подымается въ верхніе слои атмосферы. Тамъ вслѣдствіе низкой температуры паръ снова сгущается въ воду, которая скопляется вверху въ формѣ облаковъ, а при дальнѣйшемъ сгущеніи въ видѣ дождя падаетъ назадъ на землю. А на землѣ она подъ дѣйствиемъ солнечныхъ лучей опять испаряется, и такъ устанавливается

постоянный кругооборотъ, напоминающій другія періодическія явленія на земной поверхности и въ небесномъ пространствѣ. Отъ нихъ онъ, однако, отличается тѣмъ, что онъ не можетъ существовать самостоятельно, а въ своемъ развитіи и существованіи всецѣло зависитъ отъ постоянного дѣйствія солнечныхъ лучей. Если бы земная поверхность перестала нагрѣваться солнцемъ, воздухъ просто насытился бы паромъ соотвѣтственно своей температурѣ и тогда наступило бы совершенно спокойное и не измѣняющееся состояніе равновѣсія, безъ всякаго признака какихъ бы то ни было процессовъ.

Съ этими простыми явленіями связаны и болѣе сложныя, зависящія отъ вѣтровъ. Но и вѣтры въ свою очередь возникаютъ, съ одной стороны, вслѣдствіе неравномѣрнаго нагрѣванія воздуха солнечными лучами, а съ другой,—вслѣдствіе неравномѣрнаго смѣшиванія воздуха съ водянымъ паромъ. Въ результатъ въ разныхъ мѣстахъ воздушнаго океана возникаютъ различія въ давленіи, которыя могутъ выравняться лишь послѣ соотвѣтственныхъ перемѣщеній воздушныхъ массъ, которыя мы называемъ, смотря по ихъ быстротѣ, вѣтромъ, бурей или ураганомъ. Такимъ образомъ мы видимъ, что неорганическія, метеорологическія явленія всегда и вездѣ обусловливаются и поддерживаются солнцемъ. Они, правда, не цѣликомъ находятся въ зависимости отъ него, потому что тяжесть и вращеніе земли тоже въ извѣстной степени обусловливаютъ нѣкоторыя детали этихъ движеній воздуха, но сила тяжести и вращеніе земли сами по себѣ не могли бы быть ихъ причиной; причиной ихъ является исключительно солнечное лучеиспусканіе.

Если спросить, какимъ же образомъ солнечные лучи вызываютъ всѣ эти явленія, то отвѣтъ будетъ такой: все это происходитъ отъ того, что солнечное лучеиспусканіе представляетъ собою энергію, которая и превращается во всякаго рода работу. Большею частью она превращается въ теплоту, и притомъ съ высокой температурой, по-

чему эта теплота особенно пригодна для дальнѣйшихъ превращеній. Круговоротъ воды, который Гёте такъ наглядно изобразилъ въ пѣснѣ духовъ о водѣ:

Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es
Und wieder nieder
Zur Erde muss es
Ewig wechselnd 1),

не могъ бы имѣть мѣста, если бы не движущая энергія въ формѣ энергіи солнечныхъ лучей, подобно тому какъ и ходъ часовъ обусловленъ дѣйствиємъ мускульной энергіи человѣка. Солнечные лучи, доставляя водѣ необходимую теплоту испаренія, превращаютъ ее въ паръ, а неравно-мѣрно нагрѣвая воздухъ, вызываютъ различія въ воздушномъ давленіи, которыя выравниваются вѣтромъ или бурей.

Съ другимъ, чрезвычайно важнымъ дѣйствиємъ солнечныхъ лучей мы уже познакомились выше. Это—дѣйствіе, оказываемое ими на ростъ растеній. И здѣсь суть дѣла въ доставленіи энергіи. При сжиганіи растеній, какъ извѣстно, развивается значительное количество теплоты. Стало быть, при сгораніи освобождается значительный запасъ энергіи, но такъ какъ энергія не можетъ возникнуть изъ ничего, то для того, чтобы расщепить углекислоту на углеродъ и кислородъ (причемъ кислородъ выдѣляется въ свободномъ видѣ, а углеродъ идетъ на образованіе органическихъ веществъ), растенію необходимо затратить опредѣленное количество работы. Этой работы оно не могло бы произвести, если бы не получило соотвѣтствующаго количества энергіи въ иной формѣ изъ какого-либо источника. Нужную энергію растеніе получаетъ отъ солнечныхъ лучей.

1) Съ неба нисходитъ,
Къ небу восходитъ
И снова на землю
Спускаться должна,
Вѣчно мѣняясь.

Вотъ почему, нельзя, въ сущности, говорить, что растенія расщепляютъ углекислоту на свободный кислородъ и углеродистыя соединенія; надо сказать,—лучистая энергія солнца расщепляетъ углекислоту на ея составные элементы. Растенія играютъ здѣсь лишь роль машинъ, при помощи которыхъ только и возможны эти своеобразныя превращенія.

Подобно тому какъ машина, каково бы ни было ея назначеніе, не можетъ дѣйствовать, если ей не доставлять энергіи извнѣ, такъ и растеніе не выполняетъ своихъ функций, если не получаетъ постояннаго притока энергіи въ формѣ солнечнаго свѣта. Въ этомъ и заключается причина того, что растеніе для своего существованія нуждается въ солнечныхъ лучахъ и что оно гибнетъ, если не получаетъ солнца, т.-е. своей двигательной энергіи.

У животныхъ мы имѣемъ другое. Они получаютъ двигательную энергію, сжигая углеродистыя вещества своей пищи при помощи свободного кислорода воздуха. Такимъ образомъ, источникъ энергіи у нихъ—въ ихъ собственномъ тѣлѣ, они нуждаются лишь въ кислородѣ воздуха для того, чтобы сжечь принятую пищу и такимъ путемъ получить энергію нужную имъ для всякихъ превращеній въ ихъ тѣлѣ. Поэтому солнечный свѣтъ, какъ непосредственный источникъ энергіи, животнымъ не нуженъ. Они имъ пользуются для другихъ жизненныхъ процессовъ. И, какъ уже было сказано, животныя могутъ существовать совсѣмъ безъ солнечнаго свѣта.

Такія животныя вымерли бы, если бы тамъ, гдѣ они живутъ, не было источниковъ, откуда бы они могли черпать нужную для нихъ энергію въ формѣ химическихъ соединеній. Для этой цѣли имъ служатъ или другія животныя, или же органическія вещества, которыя тѣмъ или инымъ путемъ попадаютъ въ эти лишенные освѣщенія мѣста. По большей части эти вещества приносятся водой. И вотъ на счетъ этихъ источниковъ химической энергіи животныя

и получаютъ ту энергію, которая нужна для ихъ жизненныхъ процессовъ.

Необходимо, однако, замѣтить, что и въ растеніяхъ происходятъ жизненные процессы, совершенно сходные съ таковыми же у животныхъ, при которыхъ, стало быть, углеродсодержащія соединенія отъ дѣйствія кислорода сгораютъ и образуютъ углекислоту. Это происходитъ, напр., по ночамъ, когда растеніе не подвергается дѣйствию свѣта и не накапливаетъ его въ видѣ химической энергіи. Но только такое характерное для животныхъ потребленіе энергіи у растеній играетъ гораздо меньшую роль, чѣмъ чисто растительный процессъ накопленія химической энергіи путемъ превращенія энергіи солнечныхъ лучей; такъ что въ итогѣ дѣло происходитъ именно такъ, какъ описано выше.

Итакъ, мы видимъ, что этотъ особенный видъ энергіи, или, иначе, особая форма сложной энергіи, съ которой мы познакомились подъ названіемъ лучистой энергіи, является, пожалуй, наиболѣе важной изъ всѣхъ, ибо она служитъ первоисточникомъ всѣхъ дѣйствующихъ на землѣ формъ энергіи.

Вопросъ о томъ, можетъ ли этотъ родъ энергіи превращаться въ теплоту такъ же легко, какъ другіе, былъ затронутъ уже раньше и разрѣшенъ въ положительномъ смыслѣ. Стоитъ лишь прогуляться на солнцѣ, чтобы сразу убѣдиться, какія большія количества тепла развиваются изъ лучистой энергіи.

Лучистую энергію раньше ошибочно называли лучистой теплотой. Тогда представляли себѣ, что она излучается въ видѣ теплоты и въ качествѣ таковой распространяется въ пространствѣ. Это совершенно невѣрно. Вѣдь въ міровомъ пространствѣ, сквозь которое солнечные лучи устремляются во всѣ стороны, царитъ, судя по многимъ совпадающимъ между собой даннымъ, необычайный холодъ. Его температура—около абсолютнаго нуля. И лишь когда лучистая энергія падаетъ на какое-нибудь тѣло, она имъ поглощается и превращается въ тепло, для чего особенно пригодны темно-

окрашенные черныя тѣла съ неровной, шероховатой поверхностью. Такія тѣла для лучистой энергіи — наиболѣе приспособленныя машины для превращенія ея въ теплоту.

Въ этомъ можно легко убѣдиться слѣдующимъ простымъ опытомъ. Если при помощи зажигательнаго стекла собрать лучистую энергію солнца, то въ фокусѣ этого стекла получится такая высокая температура, что вышесказанные темноокрашенные предметы въ немъ воспламеняются. Но несмотря на то, что сквозь стекло прошли такія значительныя количества энергіи, оно сохраняетъ температуру окружающаго воздуха. Оно пропускаетъ, стало быть, сквозь себя не тепло, а лучистую энергію. Названіе же — лучистая теплота — такъ же невѣрно, какъ было бы невѣрно называть химическую энергію химической теплотой, а электрическую энергію электрической теплотой. Теплота обладаетъ совершенно иными свойствами, нежели лучистая энергія; она распространяется въ тѣлѣ чрезвычайно медленно, въ то время какъ лучи имѣютъ наибольшую изъ извѣстныхъ въ физикѣ скоростей, а именно 3×10^{10} стм. въ секунду.

Да и законы теплопроводности совсѣмъ не тѣ, что — лучеиспусканія. Въ свое время считалось очень удивительнымъ и необъяснимымъ, что при помощи линзы изъ прозрачнаго льда можно собрать солнечные лучи, какъ собирательнымъ стекломъ, и даже зажечь труть или другія горючія вещества. А дѣло просто въ томъ, что прозрачный ледъ не обладаетъ способностью превращать лучистую энергію въ теплоту, труть же обладаетъ этой способностью въ высокой степени.

ГЛАВА XIV.

Химическая энергія.

Мы видѣли, что въ растеніяхъ лучистая энергія превращается въ химическую. Теперь намъ остается ознакомиться съ особенностями химической энергіи нѣсколько подробнѣе.

Химическая энергія присуща веществамъ, поскольку эти вещества способны вступать въ химическія взаимодействія съ другими веществами и развивать при этомъ энергію въ различныхъ видахъ. Въ этомъ отношеніи она похожа на энергію тяжести, которая проявляется лишь тогда, когда имѣется два тѣла, которыя благодаря силѣ тяготѣнія взаимно притягиваются или отталкиваются. И химическая энергія также не проявляется, если нѣтъ налицо различныхъ химическихъ веществъ, которыя бы соединялись въ одно путемъ химическаго процесса или, наоборотъ, если бы опредѣленные вещества, заключающія въ себѣ богатые запасы химической энергіи, не разлагались на нѣсколько другихъ веществъ и не освобождали при этомъ избытка химической энергіи.

Съ первымъ случаемъ мы встрѣчаемся при явленіяхъ сгоранія, на которыя мы уже неоднократно ссылались. При этомъ, однако, необходимо твердо помнить слѣдующее: химическая энергія не содержится только въ углѣ или только въ кислородѣ порознь; она содержится въ комбинаціи угля и кислорода, и лишь когда оба эти тѣла превращаются въ углекислоту, освобождается заключавшаяся въ этой парѣ тѣлѣ химическая энергія, и тогда ее можно перевести въ какую-нибудь другую форму. Такіе случаи, когда освобожденіе энергіи связано съ образованіемъ соединенія изъ элементовъ, или болѣе простыхъ веществъ, являются наиболѣе частыми, такъ что можно принять за правило, что чѣмъ сложнѣе тѣло, тѣмъ меньше въ немъ заключается энергіи по сравненію съ тѣми простыми тѣлами, или элементами, изъ которыхъ оно можетъ образоваться. Такіе процессы, при которыхъ энергія освобождается (по большей части въ видѣ теплоты), происходятъ обыкновенно самопроизвольно. Существуютъ, однако, и такіе самопроизвольные процессы, когда сумма химической энергіи увеличивается (напр., при раствореніи какой-нибудь соли въ водѣ). Въ этомъ случаѣ часть необходимой энергіи берется изъ теплоты

участвующихъ тѣлъ, а потому эти тѣла становятся холоднѣе, а не теплѣе, какъ въ первомъ случаѣ.

Нельзя поэтому говорить, какъ объ общемъ законѣ, что возможны лишь такіе процессы, при которыхъ энергія освобождается (въ видѣ теплоты). Вполнѣ возможны и обратные процессы, хотя они гораздо рѣже. Ученіе объ энергіи или энергетика разъяснила и эти случаи. Кромѣ той общей энергіи, которую мы до сихъ поръ рассматривали, существуетъ еще одна величина, которая называется свободной энергіей и которая въ извѣстной степени отлична отъ общей энергіи. Въ болѣе простыхъ случаяхъ ее можно вычислить, принявъ въ соображеніе температуру, давленіе и другія условія состоянія; въ другихъ ее можно опредѣлить экспериментальнымъ путемъ. Эта свободная энергія обладаетъ вообще слѣдующимъ основнымъ свойствомъ: при всѣхъ произвольныхъ процессахъ она всегда уменьшается, причемъ нѣкоторая ея часть переходитъ въ другія формы, гдѣ она уже болѣе не можетъ произвольно измѣняться. Эта часть называется тогда связанной энергіей. Это свойство свободной энергіи стоитъ въ тѣсной связи съ ранѣе описаннымъ свойствомъ такихъ величинъ, какъ давленіе, температура, электрическое напряженіе и т. д., которыя, какъ было сказано, обусловливаютъ собой превращенія энергіи. Эти превращенія происходятъ, лишь когда есть налицо различія въ этихъ величинахъ, и всегда сводятся къ тому, что эти различія уменьшаются. Отсюда можно сейчасъ же заключить, что высокія значенія этихъ величинъ сопровождаются большими количествами свободной энергіи и наоборотъ. Болѣе подробное изложеніе этихъ важныхъ соотношеній было бы здѣсь не у мѣста, приведенныхъ же основныхъ понятій достаточно для уразумѣнія затронутыхъ явленій. Укажемъ лишь на то, что лучистая энергія солнца обладаетъ очень большой свободной энергіей, а стало быть, и очень высокой интенсивностью. А потому ей свойственно всегда и вездѣ превращаться въ

другіе виды энергіи: легче всего она превращается въ теплоту, а при помощи растений и въ химическую энергію.

Случаи химическихъ превращеній второго рода или разложеній, когда сложныя тѣла переходятъ въ болѣе простыя, причемъ развиваются большія количества энергіи, мы имѣемъ въ случаѣ взрывчатыхъ веществъ. Есть много такихъ тѣлъ, чистыхъ веществъ или смѣсей, которыя испытываютъ химическія превращенія за счетъ заключающихся въ нихъ элементовъ. При обыкновенной температурѣ эти превращенія практически неосуществимы, точнѣе,—они происходятъ такъ медленно, что ихъ нельзя принимать во вниманіе. Но лишь только въ какой-нибудь части взрывчатого вещества произойдетъ нагрѣваніе, способное вызвать начало химическаго процесса, какъ начинается этотъ процессъ, развиваетъ теплоту, эта теплота нагрѣваетъ близлежащія части вещества, въ нихъ тоже начинается превращеніе и выдѣленіе теплоты,—и, разъ начавшись въ одномъ мѣстѣ, химическій процессъ неудержимо распространяется на всю массу вещества.

Такой самонарастающій процессъ, если онъ протекаетъ въ чрезвычайно короткое время, мы называемъ взрывомъ, а вещества взрывчатыми. Эти случаи при нашемъ разсмотрѣніи являются въ видѣ исключенія, и упоминаемъ мы о нихъ лишь полноты ради.

Обратимся къ болѣе частымъ случаямъ, когда элементы, соединяясь въ сложныя тѣла, теряютъ энергію, когда, стало быть, сложное вещество бѣднѣе энергіей, чѣмъ элементы, его составляющіе. Въ этомъ случаѣ энергія освобождается при соединеніи элементовъ и, наоборотъ, потребляется или связывается, когда элементы изъ соединеній возстановляются. И въ самомъ дѣлѣ, мы видѣли, что животныя соединяютъ органическія вещества съ кислородомъ воздуха и въ химической энергіи этого процесса сгорания черпаютъ энергію, потребную для поддержанія ихъ жизни, а растения, чтобы создать свои горючія вещества и выдѣлить сво-

бодный кислородъ, нуждаются въ притокъ энергіи извнѣ и получаютъ эту энергію въ видѣ солнечныхъ лучей. Изъ этихъ соображеній мы можемъ убѣдиться въ томъ, что въ жизненныхъ явленіяхъ химическая энергія играетъ руководящую роль.

Вся жизнь въ основѣ своей представляетъ химическій процессъ, по крайней мѣрѣ въ томъ отношеніи, что не существуетъ жизни, которая не основывалась бы на дѣятельности химической энергіи, и что громадная часть всей энергіи, проходящей черезъ живое тѣло, должна для этой цѣли принять видъ химической энергіи.

Это находится въ связи съ особыми свойствами химической энергіи. Химическая энергія связана съ матеріей тѣсно, нежели большая часть другихъ видовъ энергіи, и въ то же время обладаетъ гораздо большей способностью превращенія, чѣмъ тѣ ея виды, которые, подобно химической энергіи, тоже тѣсно связаны съ матеріей. Мы знаемъ, что каждому данному веществу можно сообщить теплоту или отнять ее отъ него, и при этомъ вещество не испытываетъ никакихъ существенныхъ перемѣнъ. Подобно этому можно сообщать тѣламъ или отнимать отъ нихъ, если она у нихъ есть, электрическую энергію, и тѣла отъ этого тоже нисколько ни измѣняются. Это относится также и къ различнымъ проявленіямъ лучистой энергіи.

Но если тѣламъ сообщить или отнять отъ нихъ энергію химическую, то отъ этого тѣла приобрѣтутъ совершенно иныя свойства. При этомъ оказывается также, что тѣла, содержащія химическую энергію, хранятъ ее въ себѣ чрезвычайно долго, безъ всякой потери. Горячее тѣло, напримеръ, охлаждается чрезвычайно быстро, и нѣтъ никакихъ средствъ заставить его надолго удерживать свою температуру, если она отличается отъ температуры окружающей среды. Но все же лучшимъ для этой цѣли средствомъ является возможно болѣе совершенная пустота, т.-е. такое пространство, гдѣ содержится возможно малое количество матеріи.

Эта пустота получается такъ: изъ сосудовъ соотвѣтственной формы съ двойными стѣнками (см. рис. 5) возможно тщательно выкачиваютъ изъ промежутка между стѣнками и удаляютъ воздухъ. Такіе сосуды, окруженные безвоздушнымъ пространствомъ, служатъ для сохраненія горячихъ или холодныхъ предметовъ, и удивленіе, какое всякій испытываетъ, когда видитъ, что горячій чай, 6 или 8 часовъ тому назадъ налитый въ такой сосудъ, все еще продолжаетъ быть болѣе или менѣе теплымъ, служить лишнимъ доказательствомъ того, какъ мы привыкли, что теплота сама собой разсѣивается и что обычными средствами нѣтъ возможности воспрепятствовать уравниенію температуры тѣла съ температурой окружающей среды. Электрическая энергія обладаетъ такой же способностью разсѣиваться.

Какъ извѣстно, существуютъ непроводники электричества; но непроводниками они остаются лишь ограниченное время, и если удастся сохранить электрической зарядъ неизмѣненнымъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, то это необыкновенный успѣхъ. Въ большинствѣ же случаевъ электрическая энергія разсѣивается совершенно такъ же, какъ и тепловая энергія. А свѣтъ и совершенно уже нельзя собрать въ мало-мальски замѣтномъ количествѣ. Если же мы желаемъ его уловить и использовать, мы должны его немедленно превратить въ тепловую энергію или въ химическую, какъ то дѣлаютъ растенія, или, наконецъ, въ какую-нибудь другую, не столь подвижную форму энергіи.

Совершенною противоположностью въ этомъ отношеніи является химическая энергія. Она можетъ сохраняться не только часы или дни, но годы, столѣтія и даже тысячелѣтія. Энергія каменнаго угля, на примѣръ, та энергія, отъ которой зависитъ бѣольшая часть нашей техники и промышленности, насчитываетъ за собою, по всей вѣроятности, даже не тысячелѣтія, а милліоны лѣтъ. Въ немъ заключена химическая энергія доисторическихъ растеній. При помощи процессовъ, о которыхъ мы въ настоящее время еще не

можемъ создать себѣ яснаго представленія, эти растенія были засыпаны землей и лишены доступа кислорода. Тогда въ нихъ наступили медленные химическіе процессы, въ результатѣ которыхъ углеродъ остался въ растительныхъ остаткахъ, а водородъ и кислородъ исчезли. Эти остатки заключаютъ теперь въ себѣ большую часть энергіи, которая въ свое время собиралась растеніями изъ солнечныхъ лучей и накопилась въ ихъ тѣлѣ; въ теченіе безчисленныхъ вѣковъ она пролежала почти безъ всякаго измѣненія, пока ею не стали пользоваться люди. Даже извлеченный на поверхность земли, на воздухъ, каменный уголь еще долго сохраняетъ накопленную въ немъ химическую энергію, хотя далеко не такъ совершенно, какъ въ первоначальныхъ залежахъ, подъ землей, гдѣ толстые слои земной коры успѣшно защищали его отъ доступа кислорода.

И въ самомъ дѣлѣ, на воздухѣ каменный уголь медленно перегораетъ. При особыхъ условіяхъ, когда на открытомъ воздухѣ лежатъ рыхло насыпанныя кучи каменнаго угля, можетъ произойти такъ наз. самовозгораніе угля. Это происходитъ отъ того, что медленный процессъ горѣнія, который развиваетъ, понятно, столько же теплоты, сколько и быстрый, только соотвѣтственно медленнѣй, даетъ все же достаточно теплоты, чтобы ускорить разъ начавшійся процессъ; вслѣдствіе этого температура подымается выше и выше, пока, наконецъ, не загорится вся масса угля. Рассыпая же уголь, дають развивающейся теплотѣ возможность разсѣяться и тѣмъ самымъ предупреждаютъ самовозгораніе. Точно также можно избѣжать самовозгоранія, покрывъ уголь водой, землей и т. п. и тѣмъ самымъ преградивъ къ нему доступъ кислорода.

Это явленіе очень интересно и важно. Оно доказываетъ, что такія, на первый взглядъ, неизмѣняемыя вещества, которыя, несмотря на свою горючесть, не воспламеняются отъ присутствія въ воздухѣ кислорода, все же относятся къ нему далеко не безразлично; они соединяются съ кислоро-

домъ и при обыкновенной температурѣ, но только очень медленно и такимъ образомъ въ дѣйствительности подвержены равномерному, хотя и чрезвычайно медленному, сгоранію. Раньше, когда рѣчь шла о катализаторахъ, мы уже имѣли случай отмѣтить всеобщность подобныхъ явленій, а теперь въ явленіи самовозгоранія угля имѣемъ прекрасное доказательство того, что медленное сгораніе дѣйствительно происходитъ.

Резюмируя вышеизложенное, мы можемъ сказать, что наиболѣе существеннымъ свойствомъ химической энергіи является ея способность сохраняться.

Съ другой стороны, въ химической энергіи мы имѣемъ примѣръ энергіи наиболѣе концентрированной, такъ такъ здѣсь максимумъ количества энергіи заключается въ минимумѣ объема и вѣса. Въ этомъ мы можемъ убѣдиться на различныхъ примѣрахъ какъ изъ области живой природы, такъ и изъ области техники.

Существованіе большей части животныхъ обезпечивается болѣе или менѣе развитой подвижностью. Они должны двигаться, чтобы имѣть возможность спастись отъ враговъ и чтобы находить и собирать для себя пищу. Иной разъ животные передвигаются и на чрезвычайно далекія разстоянія. Мы упомянемъ хотя бы о перелетахъ аистовъ, лебедей, пѣвчихъ и другихъ перелетныхъ птицъ. Спросимъ себя, откуда же берутъ животныя энергію для выполненія всѣхъ этихъ задачъ?

Отвѣтъ будетъ одинъ: они пользуются исключительно химической энергіей, именно, энергіей окисленія пищевыхъ веществъ. Эту энергію они превращаютъ въ механическую работу своего движенія. Эту химическую энергію птицы забираютъ съ собою въ дорогу въ видѣ составныхъ частей своего тѣла—въ видѣ жира, богато развитой мускулатуры и т. п. По дорогѣ онѣ тоже не упускаютъ случая пополнить эти запасы путемъ питанія. Но по большей части онѣ расходуютъ въ пути больше,

чѣмъ могутъ пріобрѣсти, и, улетѣвъ изъ мѣста своего лѣтняго пребыванія упитанными, прилетаютъ къ конечному пункту перелета болѣе или менѣе исхудавшими.

Эту работу передвиженія, да и всѣ прочія свои жизненныя отправленія, животныя выполняютъ за счетъ химической энергіи своей пищи; въ ней, такимъ образомъ, сохраняются всѣ потребныя для ихъ существованія запасы энергіи.

Продолжая дальше эти разсужденія, мы можемъ еще глубже проникнуть въ сущность животно - растительнаго кругооборота.

Спросимъ себя, отчего же растенія устроены такъ, что должны превращать лучистую энергію въ химическую, а не могутъ жить непосредственно на счетъ лучистой энергіи? Дѣло въ томъ, что растенія получаютъ эту лучистую теплоту не непрерывно. Каждая сутки растенію приходится переживать попеременно день и ночь, а такъ какъ жизнь въ любой моментъ и при всякихъ условіяхъ зависитъ отъ наличности превращенія энергіи, то если бы растеніе питалось непосредственно лучистой энергіей, оно должно было бы умирать съ наступленіемъ вечера, такъ какъ до слѣдующаго утра ему неоткуда бы получать энергію, слѣдовательно, не на что жить. Чтобы имѣть возможность переживать эти нѣсколько часовъ, для растенія совершенно необходимо умѣть создавать изъ находящейся въ его распоряженіи лучистой энергіи иную, стойкую форму энергіи и съ помощью этой способности переживать то время, когда нельзя воспользоваться непосредственно энергіей лучеиспусканія. Здѣсь мы, стало быть, имѣемъ дѣло съ приспособленіемъ, которое напоминаетъ роль маховаго колеса въ паровой машинѣ. Маховое колесо служитъ, какъ извѣстно, для того, чтобы сводить машину съ такъ называемой мертвой точки, когда, напр., поршень находится въ самомъ высшемъ или въ самомъ низшемъ положеніи и не можетъ произвести никакой работы, такъ какъ въ этотъ моментъ онъ готовится

перемѣнить направленіе своего движенія. Энергія, которую потерялъ поршень во время поступательнаго движенія машины, скопляется отчасти въ видѣ энергіи движенія въ маховомъ колесѣ, При прохожденіи черезъ мертвую точку эта энергія движенія опять-таки отчасти, соотвѣтственно небольшому замедленію махового колеса, превращается въ работу,—привести паровую машину опять въ такое положеніе, въ какомъ паръ можетъ подѣйствовать на поршень. Подобно этому и растеніямъ приходится превращать въ болѣе стойкую форму лучистую энергію, находящуюся въ ихъ распоряженіи лишь часть дня, что даетъ имъ возможность поддерживать свое существованіе и въ остальное время.

Такимъ образомъ растенія ведутъ какъ бы двойное существованіе. Пока свѣтитъ солнце, они собираютъ энергію, а когда солнечнаго свѣта нѣтъ, они расходуютъ энергію. Когда солнце ихъ не освѣщаетъ, они живутъ на счетъ собранныхъ запасовъ, и это продолжается до тѣхъ поръ, пока они не получаютъ возможности снова накоплять въ себѣ лучистую энергію. Итакъ, растеніе одно въ основѣ своей является прообразомъ того двойственнаго созданія, растенія-животнаго, со значеніемъ котораго для кругооборота углерода мы познакомились выше,—съ тѣмъ лишь различіемъ, что собираніе энергіи въ тотъ періодъ, когда есть солнечные лучи, гораздо значительнѣе, чѣмъ ея потребленіе, когда лучей нѣтъ. Что это на самомъ дѣлѣ такъ, можно убѣдиться изъ того, что когда солнца нѣтъ, растенія (какъ объ этомъ говорилось выше), подобно животнымъ, выдѣляютъ углекислоту и потребляютъ кислородъ. Они дѣлаютъ это даже и на свѣту, но одновременно съ этимъ они другими частями своего организма совершаютъ какъ разъ обратное, т.-е. расщепляютъ углекислоту и выдѣляютъ кислородъ. А такъ какъ этотъ послѣдній процессъ преобладаетъ, то въ общемъ получается такое впечатлѣніе, будто растенія продѣлываютъ лишь одинъ второй процессъ, такъ какъ образующаяся въ нихъ углекислота вскорѣ превращается въ

другомъ мѣстѣ ихъ организма въ кислородъ и органическое вещество. Мы можемъ задать себѣ еще и такой вопросъ, хорошія или плохія машины—растенія, или, иначе говоря, какъ велика та часть лучистой энергіи, которую растенія превращаютъ изъ солнечнаго свѣта въ химическую энергію?

На это приходится отвѣтить, что растенія—чрезвычайно плохія машины, такъ какъ въ химическую энергію они превращаютъ не болѣе $\frac{1}{100}$ всей лучистой энергіи, которую получаютъ. Вся же остальная часть ея въ тканяхъ растеній, въ почвѣ и во всемъ, что ихъ окружаетъ, переходитъ въ теплоту.

Съ точки зрѣнія техники этотъ фактъ представляетъ мало утѣшительнаго, зато съ точки зрѣнія народнаго хозяйства его можно лишь привѣтствовать. Въ самомъ дѣлѣ, можно же задать вопросъ—какъ мы представляемъ себѣ существованіе человѣческаго рода на землѣ въ будущемъ? Вѣдь уже въ теченіе сотенъ лѣтъ людей волновало то, что со временемъ населеніе земли станетъ такъ многочисленно, что средствъ не хватитъ для его пропитанія.

Но въ прошломъ столѣтіи удалось, путемъ детальнаго изученія процессовъ внутри растеній, значительно повысить урожайность и довести ее до двойного и даже тройного размѣра противъ прежняго. И это повышение урожайности далеко еще не предѣльное. Вѣдь сперва научились повышать урожай при помощи искусственныхъ удобреній и усовершенствованной обработки почвы, т.-е., такъ сказать, со стороны неорганической природы, теперь пытаются планомерно и сознательно подойти къ этой задачѣ съ другой стороны, повышая качества самаго растенія. При этомъ съ растеніемъ нельзя, конечно, обращаться, какъ съ машиной; надо призвать на помощь саму природу, стараясь использовать разнообразіе, представляемое растеніями даже въ предѣлахъ одного вида, такъ, чтобы достигнуть наибольшей ихъ производительности. Напримѣръ, первоначально сахар-

ная свекла содержала въ своемъ соку 5 или 6 процентовъ сахара, а въ настоящее время она даетъ сахару вдвое больше, и достигнуто это однимъ лишь систематическимъ подборомъ, т.-е. тѣмъ, что разводились однѣ лишь разновидности крупныхъ размѣровъ и съ богатымъ содержаніемъ сахара. Планомѣрныя улучшенія такого рода находятся въ самомъ зачаткѣ, и нужно думать, что они еще далеко не исчерпаны.

Какъ ни велики надежды, возлагаемыя на это направленіе, надо думать, что вся система накопленія энергіи растеніями по самому существу своему не обѣщаетъ въ дальнѣйшемъ значительнаго повышенія производительности. Зато мы можемъ представить себѣ цѣлый рядъ другихъ процессовъ, при помощи которыхъ мы могли бы собирать лучистую энергію и которые замѣнили бы намъ большую часть работы растеній. Если мы подсчитаемъ, сколько на землѣ растеній, — увидимъ, что лишь незначительная часть ихъ идетъ прямо на пищу человѣку. Напримѣръ, чрезвычайно обширныя области, покрытыя лѣсами, совсѣмъ не использованы для прокормленія человѣка, и растительный продуктъ лѣсовъ—дерево—служить для какой угодно цѣли, но только не для питанія. Сюда же нужно причислить и обширныя пространства, занятыя пустынями, гдѣ вслѣдствіе отсутствія правильнаго заселенія вообще ничего не растетъ, хотя главное условіе, а именно лучи солнца, имѣется въ изобиліи. Кто имѣлъ случай видѣть чудесное превращеніе пустыни въ роскошныя тропическія сады (этого достигли и достигаютъ на западѣ Сѣв. Америки съ помощью рациональнаго орошенія), тотъ получаетъ впечатлѣніе, что въ этомъ отношеніи дѣйствительность можетъ оставить позади себя самую смѣлую мечтанія.

Такимъ образомъ, даже если человѣкъ (и всѣ животныя) еще долго принужденъ будетъ пользоваться услугами растеній для полученія въ формѣ пищи химической энергіи изъ лучистой, то для полученія безчисленныхъ веществъ,

не имѣющихъ никакого отношенія къ питанію тѣла человѣка и вообще къ пищѣ, онъ можетъ обходиться и безъ нихъ.

Всѣ эти вещества съ успѣхомъ могутъ быть замѣнены неорганическими матеріалами. Стоитъ лишь вспомнить, какъ дерево при постройкахъ было вытѣснено камнемъ, а въ послѣднее время—и желѣзомъ, благодаря чему число опустошительныхъ пожаровъ чрезвычайно сократилось, несмотря на то, что опасность ихъ возникновенія возросла въ тысячи разъ. Мы можемъ, однако, использовать лучистую энергію еще и другимъ образомъ. Представимъ себѣ, что сооруженъ, на примѣръ, фото-электрической элементъ, т.-е. такая машина, которая можетъ превращать солнечные лучи прямо въ электрическую энергію и которая, стало быть, даетъ возможность получать часть поглощенной аппаратомъ лучистой энергіи въ видѣ электрическаго тока. Тогда съ помощью этой электрической энергіи мы сможемъ производить почти все, что современная индустрія и транспортное дѣло производятъ при помощи каменнаго угля. Другими словами, вся колоссальная энергія, добываемая теперь сжиганіемъ древнихъ органическихъ веществъ, будетъ получаться отъ этихъ фото-электрическихъ батарей. А это дало бы возможность отдать подъ обработку всю земную поверхность, поскольку она не нужна для жилья и для путей сообщенія, и число людей, которыхъ сможетъ прокормить единица воздѣланной земной поверхности, увеличится во много разъ.

Еще отдаленнѣе то время,—тѣмъ не менѣе мы можемъ уже его предвидѣть,—когда при помощи, быть можетъ, опять-таки электрической энергіи люди будутъ въ состояніи готовить для себя пищу непосредственно изъ углекислоты или какихъ-либо другихъ, углеродъ содержащихъ минеральныхъ веществъ. И какъ разъ химическія изслѣдованія послѣднихъ лѣтъ показали, что возможность этого не совершенно исключена. Уже готовятъ искусственнымъ путемъ наиболѣе существенныя изъ тѣхъ группъ

соединений, которыя служатъ для насъ пищей. Жиры получаютъ искусственнымъ образомъ уже болѣе пятидесяти лѣтъ, а въ новѣйшее время стали синтетически получать сахаръ и даже бѣлковыя вещества, т.-е. научились готовить ихъ изъ самыхъ простыхъ соединений, т.-е., въ послѣднемъ счетѣ, изъ элементовъ.

Мы, однако, коснулись этой темы вовсе не потому, что считаемъ указываемый здѣсь шагъ нужнымъ или даже спѣшнымъ. Такъ далеко дѣло еще не зашло, и указанныхъ выше средствъ для повышенія производительности земли съ избыткомъ хватитъ для прокормленія рода человѣческаго, даже когда его численность увеличится во много разъ, и можно считать, что очень еще далеко то время, когда придется прибѣгнуть къ такимъ крайнимъ средствамъ, какъ искусственное приготовленіе питательныхъ продуктовъ. Всѣ эти разсужденія главною своею цѣлью имѣютъ показать, что наука открываетъ передъ нами такія возможности, о которыхъ менѣе культурныя времена и народы не смѣли и помышлять. Въ этомъ отношеніи нельзя предвидѣть никакихъ границъ для физическаго развитія и распространенія человѣчества. Границы лежатъ скорѣе всего въ томъ, что чѣмъ выше стоитъ развитіе такъ называемаго вида, тѣмъ незначительнѣе его плодовитость. У нѣкоторыхъ народовъ съ высоко развитой культурой уже и теперь появляются признаки уменьшенія способности къ размноженію, такъ что это, въ общемъ совершенно естественное, явленіе начинаетъ принимать угрожающій характеръ. Однако, разсмотрѣніе этихъ новыхъ проблемъ выходитъ уже за предѣлы нашей книги.

ГЛАВА XV.

Водородъ и азотъ.

Обратимся теперь къ другимъ химическимъ элементамъ и спросимъ себя, какую роль они играютъ въ общемъ кру-

говорить. Оказывается, что все элементы, входящие в состав растений, продвигаются в общем такой же кругооборот, как и углерод. В этом отношении между углеродом и другими элементами наблюдается большое сходство. Но по отношению к энергии дело обстоит далеко не так. Углерод (вместе с кислородом) является главным носителем всей энергии, необходимой для жизни растений и животных, тогда как роль остальных элементов, тоже входящих в состав тела растения, лишь второстепенная. Это скорее вспомогательные части машин, а не настоящие носители энергии.

Разсмотрим в отдельности главнейшие из встречающихся здесь элементов и, прежде всего, обратимся к водороду, о котором мы уже неоднократно упоминали.

Водород также имеет очень значительную теплоту сгорания; если сравнивать одинаковые весовые количества водорода и углерода, она даже превышает теплоту сгорания углерода. По отношению же к весовой единице кислорода она, напротив, ниже, чем у углерода. Это зависит от того, что на образование воды идет одна часть водорода (по весу) на восемь частей кислорода, а для образования углекислоты требуется на одну часть углерода только 2,67 части кислорода.

При исследовании состава органических соединений оказывается, что в водородных соединениях обычно присутствует также и кислород, притом по большей части в том же количественном отношении к водороду, что и в воде. Поэтому на водород в этих соединениях, а отчасти и в других, можно смотреть как на уже сгоревший. Это нужно понимать так, что в этих соединениях химическая энергия водорода, как такового, не может быть принята в расчет, главной же составной частью органических соединений является вода — продукт сгорания водорода. Поэтому при действии света на растения из воды никогда не будет отщепляться кисло-

родъ, а водородъ выдѣляться въ свободномъ видѣ, — процессъ расщепленія касается исключительно углекислоты, отщепленія изъ нея углерода. Съ этимъ углеродомъ, повидимому, вступаетъ—болѣе или менѣе непосредственно—въ химическое соединеніе вода, входящая въ составъ растенія.

Необходимо тутъ же оговориться, что это описаніе является лишь грубо схематическимъ изображеніемъ дѣйствительности. Есть очень много другихъ органическихъ соединений, въ которыя кислородъ и водородъ входятъ въ другихъ соотношеніяхъ, чѣмъ въ водѣ, и сообразно съ этимъ при органическихъ процессахъ можетъ имѣть мѣсто своего рода возстановленіе или раскисленіе воды.

Мы, однако, ничего не знаемъ о томъ, происходятъ ли эти процессы непосредственно, или же они являются результатомъ дѣйствія углеродистыхъ соединений на воду. Поэтому мы поступимъ лучше всего, если совершенно исключимъ этотъ вопросъ изъ обсужденія; это мы въ правѣ сдѣлать, такъ какъ оборотъ энергіи, связанный съ водородомъ, во всякомъ случаѣ количественно гораздо меньше, чѣмъ съ углеродомъ. Изъ другихъ элементовъ, встрѣчающихся въ растеніяхъ, необходимо упомянуть еще нѣкоторые. Эти элементы, правда, не играютъ никакой роли въ балансѣ энергіи, но зато они очень важны для построенія тѣла растенія. Къ этимъ элементамъ принадлежитъ прежде всего азотъ, затѣмъ—фосфоръ, калий, сѣра и, наконецъ, желѣзо. Всѣ эти вещества—химическіе элементы, а большинство изъ нихъ извѣстно въ чистомъ видѣ и широкой публикѣ. Разсмотримъ теперь эти элементы въ отдѣльности.

Съ азотомъ мы уже знакомы. Онъ входитъ въ качествѣ главной составной части въ атмосферный воздухъ, который, какъ извѣстно, представляетъ смѣсь, или, выражаясь болѣе научно, растворъ азота и кислорода. Кислородъ занимаетъ около $\frac{19}{100}$ объема воздуха, на долю азота приходится $\frac{81}{100}$.

Замѣчательно то обстоятельство, что воздухъ имѣетъ по-

всюду одинъ и тотъ же составъ, гдѣ бы его ни изслѣдовали,—на сѣверѣ или на югѣ, надъ сушей или надъ моремъ, на низменностяхъ или на любыхъ высотахъ. Мы вѣдь знаемъ, что всѣ организмы, начиная съ самыхъ простыхъ одноклѣточныхъ, постоянно потребляютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту; съ другой стороны, и промышленность во всѣхъ ея разнообразныхъ формахъ потребляетъ громадные количества кислорода, чтобы при помощи сжиганія углерода получить необходимыя для ея цѣлей количества энергіи.

Наряду съ этимъ идетъ и обратный процессъ: растенія превращаютъ углекислоту воздуха въ свободный кислородъ. Оба эти процесса совершаются, конечно, въ разныхъ мѣстахъ. Въ то время какъ города были бы на соотвѣтствующихъ картахъ отмѣчены какъ „области углекислоты“, лѣса, луга и поля оказались бы „областями кислорода“. Но на практикѣ всѣ эти разнообразныя условія не измѣняютъ состава воздуха, и это можетъ служить доказательствомъ, что въ общемъ они взаимно уравниваются. Значительная подвижность воздуха и разнообразіе воздушныхъ теченій такъ основательно перемѣшиваютъ участки воздуха, имѣющіе различный составъ, что съ достаточной для практики точностью можно принять его составъ неизмѣннымъ.

Сравненіе точныхъ анализовъ воздуха за послѣднія 100 лѣтъ говоритъ, что составъ воздуха не мѣняется также и во времени,—по крайней мѣрѣ, онъ не измѣнился за указанный промежутокъ.

Азотъ въ томъ видѣ, въ какомъ онъ содержится въ воздухѣ, т.-е. въ видѣ элементарнаго газа, имѣетъ для химическихъ процессовъ внутри животныхъ и растеній сравнительно очень небольшое значеніе. Долгое время даже считали, что онъ вообще не способенъ вступать въ составъ растительнаго тѣла. Дѣло въ томъ, что азотъ тѣмъ и отличается отъ всѣхъ вышеописанныхъ химическихъ элементовъ,

что онъ предпочитаетъ существовать въ свободномъ состояніи, и лишь при помощи особыхъ ухищреній или усилій его можно заставить вступить въ химическое соединеніе. Однако изслѣдованія послѣднихъ десятилѣтій выяснили, что и растенія способны на такія ухищренія или усилія. Нѣкоторыя растенія издавна извѣстны сельскимъ хозяевамъ тѣмъ, что они обогащаютъ почву азотомъ. Это— мотыльковыя или бобовыя растенія.

Изслѣдованія въ этомъ направленіи дали весьма замѣчательные результаты. Эти растенія сами по себѣ неспособны связывать для своихъ цѣлей азотъ воздуха. Но они получаютъ эту способность, лишь только на ихъ корняхъ заведутся опредѣленныя мельчайшія живыя существа (бактеріи) и вызовутъ образованіе на нихъ очень своеобразныхъ и характерныхъ клубеньковъ (рис. 6). Эти клубень-

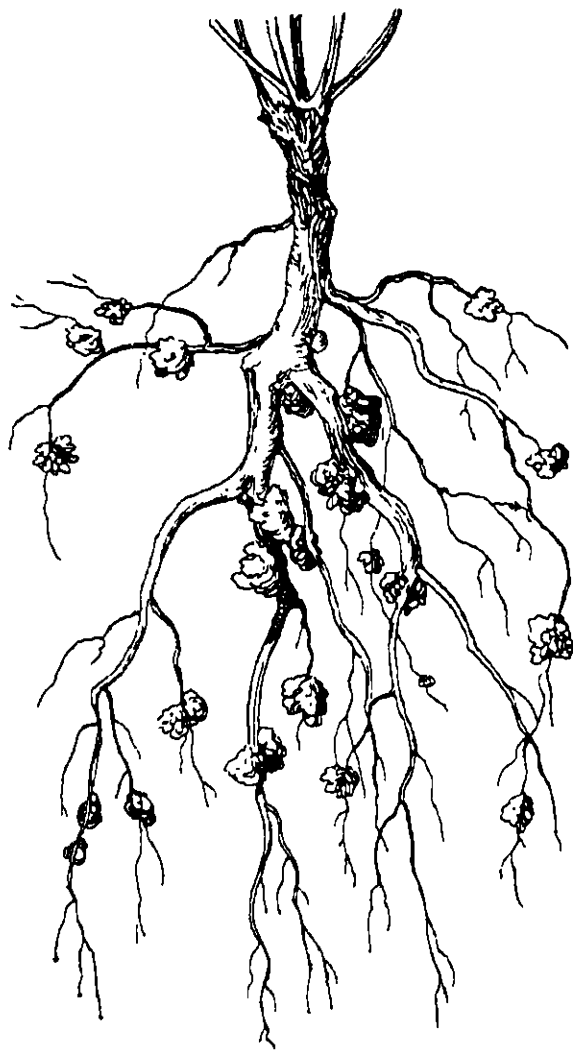


Рис. 6.

ки представляютъ машины, при помощи которыхъ свободный азотъ воздуха переводится въ химическія соединенія; эти соединенія могутъ быть восприняты растеніемъ и пойти на построеніе ихъ тѣла.

Но этотъ процессъ, само собою разумѣется, требуетъ извѣстныхъ затратъ, потому что въ природѣ ничего даромъ не дается. Для того, чтобы перевести азотъ въ химическое соединеніе, необходимо, чтобы произошла значительная за-

траты энергіи. Эта затрата осуществляется въ общемъ хозяйствѣ (симбіозѣ) высшаго растенія и азотной бактеріи тѣмъ, что для этой цѣли сгораетъ соотвѣтствующее количество органическаго, углеродистаго вещества. Это явленіе удалось воспроизвести и въ лабораторной обстановкѣ. Азотныя бактеріи были получены въ чистой культурѣ, и ихъ заставили переводить азотъ воздуха въ химическія соединенія. При этомъ замѣтили, что для роста бактерій и для того, чтобы онѣ связывали азотъ, необходимо очень сильное окисленіе углеродистаго органическаго вещества. Въ этомъ окисленіи мы, стало быть, имѣемъ энергетическій эквивалентъ перехода свободнаго азота въ связанное состояніе. Если же вспомнить, что эти углеродистыя вещества, являющіяся какъ бы поставщиками энергіи, сами произошли вслѣдствіе превращенія солнечныхъ лучей, то мы придемъ къ заключенію, что свободный азотъ связывается и дѣлается доступнымъ для растенія тоже лишь благодаря дѣйствию солнечныхъ лучей. Но только необходимыя въ данномъ случаѣ приспособленія гораздо сложнѣй, потому что безъ помощи бактерій растеніе одно не могло бы справиться съ этой задачей.

Что же касается значенія азота для тѣла растеній и животныхъ, то нужно думать, что оно очень велико. Но, повторяя здѣсь уже много разъ приведенное сравненіе, мы должны сказать, что существенную роль онъ играетъ лишь съ технической точки зрѣнія. Азотъ не играетъ никакой роли въ дѣлѣ собиранія или сбереженія въ растеніяхъ энергіи, но зато онъ очень важенъ какъ регуляторъ и посредникъ отдѣльныхъ растительныхъ процессовъ. Это явствуетъ изъ того, что самыя важныя части нашего тѣла, какъ мускульное, нервное и мозговое вещество, стало быть, всѣ наиболѣе дѣятельныя части въ организмѣ высшихъ существъ, построены главнымъ образомъ изъ азотистыхъ соединеній. Эти же самыя вещества встрѣчаются и въ низшихъ живыхъ существахъ, и очевидно, что безъ азота невозможна никакая

жизнь. Азотистыя вещества обладают, такимъ образомъ, свойствами, которыя очень важны для химическихъ процессовъ жизнедѣятельности, и потому считаютъ, что они преимущественно для этой цѣли и предназначены.

То же самое примѣнимо къ растеніямъ. Тѣ части каждой отдѣльной клѣтки, отъ которыхъ собственно и зависитъ существованіе и жизнедѣятельность клѣтки, т. е. протоплазма и ядро,—обѣ содержатъ азотъ, а потому никакой растительный организмъ не можетъ существовать безъ опредѣленныхъ количествъ азота, входящихъ въ его составъ.

Но такъ какъ почва, вода и воздухъ содержатъ сравнительно мало такихъ азотистыхъ соединеній, которыя могли бы быть использованы растеніями, то количество растеній, какое можетъ произрастать на опредѣленной площади, ограничено въ общихъ чертахъ количествомъ имѣющагося въ ихъ распоряженіи азота.

Въ дождевой водѣ, а отчасти въ газообразномъ видѣ въ воздухѣ, имѣется соединеніе азота съ водородомъ, называемое амміакомъ, водный растворъ котораго хорошо извѣстенъ широкой публикѣ подъ названіемъ нашатырнаго спирта. Этотъ амміакъ представляетъ газообразное, легко растворимое въ водѣ вещество и состоитъ изъ азота и водорода. Растенія способны строить свои азотистыя вещества при помощи этого амміака, правда, не непосредственно, а предварительно связавъ его водородъ съ кислородомъ, другими словами, окисливъ его въ воду. Въ то же время азотъ амміака даетъ съ кислородомъ соединеніе—азотную кислоту. Азотная же кислота даетъ со многими элементами, имѣющими свойства металловъ, соли, которыя называются нитратами и играютъ большую роль въ жизни растеній.

Нитраты являются азотистыми питательными веществами растеній. Внутри растительныхъ клѣтокъ они даютъ сложныя соединенія съ углеродомъ, остающимся въ растеніи послѣ

разложенія углекислоты. Поэтому можно значительно увеличить количество растений на данной поверхности почвы, если увеличить содержаніе въ ней азота.

Такое обогащеніе почвы уже издавна извѣстно подъ именемъ удобренія. Выдѣленія животныхъ, какъ извѣстно, болѣе или менѣе богаты азотистыми соединеніями, и ихъ то съ незапамятныхъ временъ человекъ употребляетъ для удобренія. Ихъ разбрасываютъ по полямъ и по лугамъ и замѣчаютъ, что въ тѣхъ мѣстахъ, куда попали эти азотистыя вещества, наблюдается особенно благопріятный ростъ растений.

Однако, то количество азота, какое въ лучшемъ случаѣ могутъ доставить домашнія животныя—коровы, овцы и т. д., несравненно меньше того, что необходимо, если требовать отъ почвы наибольшей производительности. Поэтому для сельскаго хозяйства было чрезвычайно важно, когда въ срединѣ прошлаго столѣтія въ Южной Америкѣ были открыты залежи нитратовъ, образовавшіеся тамъ при совершенно исключительныхъ условіяхъ. Съ тѣхъ поръ они подъ именемъ чилійской селитры тамъ добываются, перевозятся въ Европу и въ колоссальныхъ количествахъ идутъ на удобреніе полей и луговъ. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ пришли къ выводу, что запасы нитратовъ въ Ю. Америкѣ не такъ ужъ велики; расходились лишь во мнѣніяхъ, на долго ли этихъ запасовъ хватить—на 20, на 40 или на 60 лѣтъ. Всѣ, даже наиболѣе оптимистически настроенные спеціалисты, не думаютъ, чтобы ихъ хватило на цѣлое столѣтіе. Поэтому для человечества очень важно разрѣшить вопросъ, откуда же въ такомъ случаѣ оно станетъ брать связанный азотъ не только для поддержанія плодородности полей, но и для повышенія ихъ производительности, когда оно станетъ необходимымъ.

Эту задачу можно разрѣшить различнымъ образомъ. Можно прежде всего собирать массы связаннаго азота изъ сточныхъ водъ большихъ городовъ, уходящихъ обыкновенно безъ всякой пользы въ море, и употреблять его для нуждъ сель-

скаго хозяйства. Можно также подумать и о томъ, чтобы, рационально обставивъ процессъ сжиганія каменнаго и бураго угля, сохранить огромныя количества связаннаго азота, который въ нихъ содержится, но который при обыкновенномъ способѣ ихъ сжиганія въ печахъ пропадаетъ безъ пользы, такъ какъ, освободившись при сгораніи, онъ въ видѣ элементарнаго азота уходитъ въ воздухъ. Уже и теперь нѣкоторая часть этого азота не пропадаетъ даромъ, именно та, которая получается изъ угля, когда сильнымъ накаливаніемъ его превращаютъ въ свѣтительный газъ и въ коксъ. При этомъ удаляются летучія составныя части угля, а въ томъ числѣ и азотистыя соединенія; потомъ ихъ въ числѣ прочихъ продуктовъ дистилляціи находятъ въ видѣ воднаго раствора амміака. Но въ коксъ пока переводится лишь сравнительно незначительная часть каменнаго угля. Поэтому представляется весьма цѣлесообразнымъ, чтобы въ будущемъ каменнаго угля въ сыромъ видѣ совсѣмъ не жгли, а чтобы весь уголь, независимо отъ того, предназначенъ ли онъ для полученія кокса или для отопленія, предварительно цѣликомъ переводился бы въ коксъ; при этомъ получался бы азотъ въ видѣ амміака, а кромѣ того большое количество цѣнныхъ побочныхъ продуктовъ.

Этотъ способъ имѣетъ за собой еще одно преимущество: благодаря ему большіе города въ значительной степени освободились бы отъ дыма. Какъ извѣстно, коксъ горитъ безъ дыма, а сырой каменный уголь дымитъ болѣе или менѣе сильно. Если бы обязательными постановленіями воспретить ввозъ въ города сырого каменнаго угля,—а это безусловно можно провести, вѣдь, потребность города въ энергіи можетъ быть цѣликомъ удовлетворена электрической энергіей,—то не далеко, надо думать, то время, когда жители большихъ городовъ гораздо меньше будутъ страдать отъ испорченнаго воздуха, чѣмъ теперь. И въ то же время и сельское хозяйство получило бы въ свое распоряженіе неозримыя количества драгоцѣннаго азота (1 килограммъ связаннаго азота стоитъ приблизительно 47 коп.).

Это, однако, далеко не единственныя средства, имѣющіяся въ рукахъ современной науки и техники. Совсѣмъ недавно былъ найденъ способъ переводить въ химическія соединенія свободный азотъ воздуха. Само собой разумѣется, что это удалось лишь при помощи молодого волшебника — электричества. Еще 120 лѣтъ тому назадъ физикъ и химикъ Кавендишъ замѣтилъ, что если чрезъ обыкновенный воздухъ пропускать электрическія искры, то объемъ воздуха уменьшается, а если въ соприкосновеніи съ электризуемымъ воздухомъ находится вода, то въ ней можно обнаружить присутствіе азотной кислоты. Въ теченіе долгаго времени это наблюденіе оставалось только лишь научнымъ экспериментомъ; онъ былъ, конечно, очень интересенъ, но никто бы не рѣшился предсказать ему какое-либо техническое примѣненіе. И только лишь въ наше время, когда сталъ угрожать недостатокъ азота, остроуміе изслѣдователей и техниковъ обратилось къ этому старому наблюденію, и при помощи огромныхъ количествъ электрической энергіи, какія можетъ дать современная техника, удалось, наконецъ, обработать и разрѣшить задачу массового приготовленія нитратовъ изъ обыкновеннаго атмосфернаго воздуха. Такъ какъ воздухъ состоитъ изъ азота и кислорода, то, стало быть, оба элемента, нужные для образованія нитратовъ, уже имѣются налицо, и вся задача сводится къ разрѣшенію технической проблемы, какимъ образомъ построить аппаратъ, который бы, впервыхъ, увеличивалъ то незначительное количество азотной кислоты, какое обыкновенно получается при дѣйствіи на воздухъ электрической искры, а вовторыхъ, собиралъ полученное вещество и концентрировалъ его такъ, чтобы весь этотъ процессъ могъ стать выгоднымъ въ экономическомъ отношеніи. Надо, однако, замѣтить, что такіе заводы для полученія азота поглощаютъ чрезвычайно большое количество энергіи. Весь этотъ процессъ протекаетъ еще весьма несовершененно и кромѣ нормальнаго количества энергіи онъ требуетъ еще излишнихъ затратъ, которыя затѣмъ бесполезно

пропадаютъ въ видѣ теплоты. Поэтому такіе заводы можно устраиваютъ лишь тамъ, гдѣ энергія чрезвычайно дешева. Ихъ и устроили въ Норвегіи, гдѣ, пользуясь даровой силой водопадовъ, готовятъ при ихъ помощи нитраты изъ воздуха; эта синтетическая или воздушная селитра идетъ на нужды сельскаго хозяйства. Въ настоящее время имѣется уже цѣлый рядъ системъ такихъ установокъ и, поскольку можно судить со стороны, онѣ приносятъ хорошіе хозяйственные результаты.

Этотъ успѣхъ въ искусственномъ связываніи азота особенно поучителенъ тѣмъ, что показываетъ, что стоитъ лишь поставить или даже только пріоткрыть передъ современной техникой какую-нибудь важную задачу, чтобы эта задача (если она только не выходитъ за предѣлы возможнаго для человѣка) была въ болѣе или менѣе скоромъ времени разрѣшена не только теоретически, но и въ формѣ, доступной для хозяйственнаго примѣненія.

Великое научное открытіе, которое раньше считалось неожиданнымъ подаркомъ высшихъ силъ, можетъ быть въ настоящее время достигнуто систематической организаціей научной работы, и вовсе уже нѣтъ нужды дожидаться, пока это открытіе сдѣлаетъ какой-нибудь необыкновенный геній. Само собой разумѣется, что мы находимся въ такомъ положеніи лишь благодаря работѣ замѣчательныхъ изслѣдователей прошлыхъ столѣтій. Они въ свое время такъ обработали и такъ воздѣлали поле человѣческаго знанія, что теперь отъ него уже можно ожидать постояннаго урожая. Но въ то же время вполне естественно, что за предѣлами ходячихъ знаній, на самой границѣ человѣческаго познанія вообще, существуютъ еще такіе вопросы, которыхъ нельзя разрѣшить этимъ методическимъ, организаторскимъ образомъ и которыя ждутъ необычайной головы, которая бы ихъ перенесла изъ области мечтаній въ дѣйствительность.

И все же въ настоящее время существуетъ — и въ несравненно большей мѣрѣ, чѣмъ раньше — возможность „зака-

затѣ" открытіе, т.-е. разрѣшеніе какого-нибудь до сихъ поръ еще не рѣшеннаго вопроса, заказать, какъ заказываютъ пару сапогъ. И такъ же, какъ въ случаѣ сапогъ, вопросъ состоитъ не въ томъ, можно ли вообще разрѣшить данную задачу, а въ томъ—когда она будетъ разрѣшена, сколько времени потребуется для того, чтобы сшить новые сапоги или сдѣлать новое открытіе. Опытъ послѣдняго полувѣка показалъ, что время, требуемое для этого, быстро уменьшается. Въ началѣ эпохи развитія химической промышленности нерѣдко требовалось до 20 лѣтъ работы, чтобы разрѣшить какой-нибудь вопросъ настолько, чтобы онъ могъ получить свободное примѣненіе въ хозяйствѣ и въ технику. Но въ настоящее время мы имѣемъ уже много примѣровъ, что для той же цѣли требовалось нерѣдко лишь половина этого времени, т.-е. лѣтъ десять и даже меньше.

Человѣчество приспособляется къ необходимости открывать, подобно тому какъ и ко многому другому. Въ наше время открытіе уже болѣе не является таинственнымъ даромъ, ниспосланнымъ свыше лишь немногимъ. Это—лишь вопросъ техническаго умѣнія; ему можно научиться и научить другихъ, если тѣ, у кого, благодаря особенной одаренности, оно очень сильно развито, будутъ передавать его людямъ менѣе одареннымъ.

ГЛАВА XVI.

Фосфоръ, калий и другіе элементы.

Изъ другихъ элементовъ, встрѣчающихся въ растеніяхъ, большое значеніе имѣетъ фосфоръ. Онъ играетъ приблизительно такую же роль, что и азотъ, т.-е. не является собственно носителемъ энергіи, но представляетъ существенную составную часть соединений, съ которыми связаны особые роды жизнедѣятельности.

Фосфоръ, какъ элементъ, извѣстенъ, хотя бы отчасти, большинству людей съ того времени, какъ вошли въ упо-

требленіе фосфорныя (т. н. „сѣрныя“) спички Эта пора уже въ прошломъ, такъ какъ фосфоръ является для человѣка сильнымъ ядомъ и потому приготовленіе изъ него спичекъ германскими законами воспрещено. Но многимъ въ Германіи памятны еще какъ эти спички, такъ и то, что если ихъ головки отсырѣвали, то отъ нихъ отдѣлялось своеобразное облачко съ характернымъ запахомъ, а въ темнотѣ онѣ къ тому еще свѣтились. Эти явленія очень характерны для фосфора, какъ элемента. Въ чистомъ видѣ онъ выглядитъ какъ воскъ и обладаетъ способностью довольно быстро соединяться съ кислородомъ воздуха, причемъ начинается упомянутое выше свѣченіе, а продукты сгорания фосфора въ видѣ облачка обволакиваютъ окисляющуюся поверхность.

Фосфоръ извѣстенъ, подобно углероду, и въ другихъ видоизмѣненіяхъ. Особенно извѣстенъ красный фосфоръ. Онъ не окисляется на воздухѣ и содержится въ головкахъ шведскихъ спичекъ. Свободный фосфоръ въ природѣ не встрѣчается, а потому мы и ограничимся здѣсь этими краткими свѣдѣніями объ его свойствахъ.

Химическое соединеніе фосфора—ф о с ф о р н а я к и с л о т а и ея соли, ф о с ф а т ы, часто встрѣчаются въ природѣ и играютъ важную роль въ жизни растений и животныхъ. Въ тѣлѣ растений фосфоръ встрѣчается въ гораздо меньшемъ количествѣ, чѣмъ азотъ. Потребности растенія могутъ, стало быть, покрываться гораздо меньшимъ количествомъ фосфора, а потому и фосфорныя удобренія не такъ важны, какъ удобренія азотныя. Тѣмъ не менѣе обычное содержаніе фосфатовъ въ почвѣ полей, луговъ и лѣсовъ гораздо менѣе того количества, какое нужно для максимальной производительности этой почвы, а потому прибавленіе фосфатовъ для увеличенія урожая, другими словами, въ качествѣ искусственнаго удобренія, все же очень полезно.

Потребные для этой цѣли фосфаты отчасти находятся въ землѣ въ видѣ остатковъ былой органической жизни,

отчасти же ихъ получаютъ при помощи методовъ технической химіи.

Здѣсь нужно особенно упомянуть о полученіи фосфатовъ изъ желѣзныхъ соединеній фосфора. При выплавкѣ желѣза изъ руды, въ которой встрѣчаются слѣды фосфатовъ, фосфоръ собирается въ желѣзѣ, что обыкновенно весьма нежелательно, такъ какъ его присутствіе вредно отзывается на качествѣ желѣза. Поэтому въ прежнее время для полученія хорошихъ сортовъ желѣза руду, содержащую фосфоръ, либо совсѣмъ не употребляли въ дѣло, либо она шла лишь на особые сорта чугуна. А между тѣмъ такая руда встрѣчается въ природѣ чрезвычайно часто и не использовать ее нельзя.

Теперь уже научились освобождать желѣзо отъ фосфора, причемъ весь фосфоръ въ видѣ фосфатовъ скопляется въ шлакѣ. Такой содержащій фосфоръ шлакъ называется по имени техника Томаса, придумавшаго этотъ способъ, томасшлакомъ; это — одно изъ важнѣйшихъ искусственныхъ удобреній, которыя столько способствовали развитію современнаго сельскаго хозяйства.

Этотъ примѣръ поучителенъ еще потому, что иллюстрируетъ раціональное развитіе химической промышленности. Отнимая фосфоръ отъ желѣза, гдѣ онъ приноситъ одинъ лишь вредъ, и употребляя получающееся при этомъ побочное вещество — томасшлакъ — для нуждъ сельскаго хозяйства, гдѣ фосфоръ дѣйствительно нуженъ, мы приносимъ пользу обѣимъ сторонамъ, такъ какъ элементъ, вредный въ металлургіи, оказывается благотворнымъ для самой важной изъ отраслей промышленности человѣчества, — доставляющей ему пищевыя вещества.

Большое значеніе, какъ матеріаль для искусственнаго удобренія, играетъ еще калий. Онъ никогда не встрѣчается въ природѣ въ чистомъ видѣ, а потому чистый калий насъ здѣсь не интересуется. Въ природѣ онъ встрѣчается всегда въ видѣ соединеній съ другими элементами. Съ хлоромъ,

напримѣръ, онъ образуетъ хлористый калий; это вещество, очень похожее на поваренную соль, тоже представляетъ изъ себя бѣлую соль, растворимую въ водѣ. Въ почвѣ полей и луговъ калийныя соединенія встрѣчаются въ большемъ количествѣ, чѣмъ азотъ и фосфоръ. Но, несмотря на это, почвенный калий не настолько доступенъ, чтобы растенія могли извлекать его столько, сколько имъ требуется для особо благопріятнаго развитія. Поэтому для лучшаго роста растеній въ почву съ успѣхомъ вводятъ калий въ видѣ хлористаго калия или другихъ соединеній.

Пока на земной поверхности найдено лишь одно мѣсто, или, вѣрнѣе, одна область, гдѣ имѣются богатая залежи калийныхъ солей. Это—сѣверо-германская низменность, гдѣ есть чрезвычайно обширныя отложенія поваренной соли, прикрытыя сверху калийными солями.

Раньше эти калийныя соли считались вредными или неудобными, такъ какъ, чтобы добраться до поваренной соли, нужно было удалять ихъ. Ихъ потому и назвали отбросными солями. Лишь въ послѣдствіи химико-техникъ Франке пришелъ къ мысли, что въ этихъ соляхъ заключается чрезвычайно цѣнный источникъ искусственнаго удобрения, и съ тѣхъ поръ калийная промышленность въ этой части Германіи стала богатымъ источникомъ народнаго благосостоянія Германіи. Подобно керосину, который въ прежнее время добывался исключительно въ Америкѣ и потому служилъ источникомъ благосостоянія Америки, и калий является для Германіи ея національнымъ сокровищемъ. Тщательные поиски въ другихъ частяхъ земли не могли до сихъ поръ открыть ничего подобнаго тѣмъ залежамъ калийныхъ солей, которыми такъ богата Германія. По мѣрѣ того какъ будетъ улучшаться и развиваться сельское хозяйство, искусственныя удобрения будутъ все болѣе и болѣе необходимы, какъ необходимъ сталъ каменный уголь для промышленности; и монопольное положеніе Германіи въ этомъ отношеніи будетъ все упрочиваться.

Для германскаго правительства въ высшей степени важно своевременно изъять эти единственныя въ своемъ родѣ сокровища изъ частныхъ рукъ для того, чтобы разрабатывать ихъ на пользу всей націи. Американцы уже сдѣлали нѣсколько не безуспѣшныхъ попытокъ наложить свою руку на эти германскія богатства и исключить для германскаго казія возможность такой монополіи, какую Америка много лѣтъ имѣла для своего керосина. Но нужно надѣяться, что правящіе круги Германіи поймутъ всю необычайную важность этого вопроса и сдѣлаютъ все, что въ ихъ силахъ, чтобы сохранить для націи это національное достояніе.

О прочихъ встрѣчающихся въ растеніяхъ элементахъ, особенно же о сѣрѣ, желѣзѣ, кальціи, кремніи и нѣкоторыхъ другихъ, можно сказать лишь очень немного такого, что бы имѣло отношеніе къ нашей главной темѣ. Они тоже продѣлываютъ извѣстный кругооборотъ въ томъ смыслѣ, что переходятъ изъ почвы въ тѣло растенія, а затѣмъ, когда растеніе идетъ на пищу или на топливо, снова возвращаются въ землю. Они встрѣчаются, однако, на землѣ въ такомъ большомъ количествѣ, что круговые процессы, въ родѣ тѣхъ, съ какими мы познакомились для углерода и въ особенности для азота, для нихъ вовсе не необходимы. Даже въ томъ случаѣ, если бы сѣра, кальцій или желѣзо, уже вошедшіе въ составъ растенія, не возвращались назадъ въ почву, т.-е. совершенно исключались бы изъ общаго кругооборота, то и тогда нечего было бы опасаться замѣтнаго оскудѣнія этихъ элементовъ на земной поверхности, и, стало быть, нѣтъ никакой особенной пользы удобрять ими почву, за исключеніемъ, конечно, тѣхъ случаевъ, когда тотъ или другой элементъ совершенно отсутствуетъ. Какъ носители энергіи, эти элементы не играютъ никакой роли; это, впрочемъ, очевидно и изъ того незначительнаго количества, въ какомъ они входятъ въ составъ растеній; а потому мы можемъ закончить разсмотрѣніе этой группы элементовъ.

ГЛАВА XVII.

Заключеніе и обзоръ.

Мощнымъ потокомъ изливается въ міръ свободная энергія въ лучахъ солнца. Но на землю падаетъ лишь исчезающе малая доля этой энергіи. Она относится ко всему количеству ея такъ, какъ часть небеснаго свода, закрытая землей, если смотрѣть на нее съ солнца, относится ко всей его площади. Лишь эта часть энергіи можетъ быть использована для дальнѣйшихъ превращеній, о которыхъ была рѣчь выше. Но и изъ нея бѣльшая часть, та, что падаетъ на океаны, пропадаетъ почти совсѣмъ безъ пользы; правда, падающій на нихъ свѣтъ поддерживаетъ растительную жизнь морей, но на материкѣ его энергія была бы использована въ несравненно бѣльшей степени. За вычетомъ морей на сушу приходится $\frac{2}{7}$ всей земной поверхности. Но и изъ этихъ $\frac{2}{7}$ значительная доля падаетъ на полярныя страны, высокія горы, пустыни и другія области, гдѣ нѣтъ растительной жизни и энергія не можетъ быть утилизирована. Такимъ образомъ, органическая жизнь на землѣ поддерживается лишь частью отъ части, исчезающе мелкой дробью всего великаго количества энергіи солнечныхъ лучей; а на долю человѣчества приходится и того меньше, соотвѣтственно той незначительной долѣ всей жизни, какую оно составляетъ.

Самые чувствительные приборы не смогли бы отмѣтить прибавленія или исключенія этой доли изъ общей массы солнечныхъ лучей, а между тѣмъ она дала начало тому, что мы зовемъ человѣческой культурой и что стало замѣтнымъ образомъ измѣнять ликъ земли. Но несравненно богаче этихъ внѣшнихъ проявленій человѣческой дѣятельности ея внутреннія проявленія.

Они, эти духовныя богатства человѣка, были причиной того, что онъ сталъ могучимъ факторомъ развитія жизни

на землѣ. Эти сравненія открываютъ передъ нами очень важную сторону энергетическаго міровоззрѣнія, на которое въ этомъ заключеніи мы обратимъ особое вниманіе.

Энергія, правда, не создается и не уничтожается, но цѣнность каждаго даннаго количества энергіи различна, смотря по ея свойствамъ.

Главная часть солнечной энергіи, излучаемой въ пространство, не имѣетъ, съ точки зрѣнія человѣка, никакой цѣнности вообще, ибо она не оказываетъ никакого вліянія на состояніе вселенной, въ которой наша солнечная система представляетъ такую незначительную часть, что ея присутствіе или отсутствіе ни на чемъ бы замѣтно не отразилось. Изъ лучей же, падающихъ на землю, тѣ, что попадаютъ на море, на пустыни или на высокія горы, имѣютъ лишь минимальную цѣнность или значеніе, но они все же не остаются совершенно безъ вліянія на жизнь человѣчества (а этимъ вѣдь только и опредѣляется цѣнность). Они вліяютъ на климатическія условія и тѣмъ самымъ опредѣляютъ возможность использованія земной поверхности человѣкомъ. Такъ какъ эти лучи особенно сильно вліяютъ на испареніе воды, которая въ видѣ дождя и снѣга снова вернется на землю и напитаетъ собою потоки и рѣки, то легко понять, что этой части солнечныхъ лучей мы обязаны тѣмъ источникомъ энергіи, который сталъ доступенъ лишь въ послѣднее время, благодаря успѣхамъ электротехники. Это — энергія падающей воды.

Люди пользуются естественными водопадами или же устраиваютъ искусственныя запруды и, превративъ энергію падающей воды въ электрическую, дѣлаютъ ее доступной для всеобщаго употребленія. Водяныя мельницы вѣдь уже въ теченіе тысячелѣтій пользуются этой энергіей. Но лишь съ тѣхъ поръ, какъ научились превращать механическую работу падающей воды въ электрическую, стало возможно передавать ее на далекія разстоянія отъ того мѣста, гдѣ она создается, и тѣмъ самымъ дѣлать ее дѣйствительно доступной для человѣчества.

Еще бѣольшую цѣнность имѣеть химическая энергія ископаемыхъ горючихъ веществъ, потому что ее можно передавать еще легче, а стало быть, и дальше, чѣмъ электрическую энергію. Это особенно наглядно видно изъ того, что продолжительность рейса парохода зависитъ отъ количества угля, какое онъ можетъ поднять. Лишь только этотъ уголь израсходованъ, современный колоссъ, несмотря на все его техническое совершенство, остается совершенно безпомощнымъ. Вотъ почему такъ важны угольные станціи, разсѣянные по всей судоходной части земной поверхности. Онѣ представляютъ вторичные источники энергіи, откуда пароходы должны черпать свою рабочую силу, не то они останутся лишь безцѣльно построенными чудовищами.

Въ паровыхъ машинахъ превращается въ механическую работу поршня не болѣе одной трети химической энергіи угля. Двѣ другія трети непроизводительно тратятся въ видѣ теплоты низкой температуры. Поэтому механическая энергія по крайней мѣрѣ втрое дороже, чѣмъ химическая энергія горючаго матеріала. Въ дѣйствительности же она еще дороже, потому что для этого превращенія требуются, кромѣ сырой энергіи, еще расходы на машину, смазочный матеріаль, прислугу и т. д. Въ результатѣ получается отношеніе стоимости энергіи механической и химической энергіи 7:1; такое отношеніе достигается лишь наилучшими современными установками, а многія другія—въ особенности же меньшія установки—должны рассчитывать на гораздо болѣе высокое отношеніе.

Еще дороже, чѣмъ механическая, обходится энергія электрическая, потому что она получается почти исключительно изъ механической. Въ динамомашинѣ превращеніе происходитъ весьма совершенно, такъ что тамъ приходится считаться съ потерями только въ нѣсколько сотыхъ долей. Но сюда необходимо прибавить еще расходы на машину и на уходъ за ней. Изъ электрической энергіи получается, между прочимъ, свѣтъ. Но въ свѣтъ превращается не болѣе

$\frac{1}{10}$ (въ лучшемъ случаѣ) затраченной электрической энергіи, и поэтому свѣтовая энергія этого рода обходится въ десять разъ дороже, чѣмъ электрическая, и — круглымъ счетомъ — въ сто разъ дороже, чѣмъ химическая энергія каменнаго угля.

Мы не будемъ продолжать этихъ разсужденій, потому что и привели мы ихъ только ради того, чтобы показать, что одно и то же количество энергіи, проявляясь въ разныхъ формахъ, имѣетъ совершенно различную цѣнность. Каждая энергія тѣмъ цѣннѣе, чѣмъ болѣе она по времени и по мѣсту приспособлена къ человѣческимъ потребностямъ. Вотъ почему величайшая водяная сила не имѣетъ никакой цѣны, если лежитъ на недосыгаемыхъ горныхъ высотахъ, а искусственный свѣтъ обходится такъ дорого, хотя онъ и гораздо слабѣе, чѣмъ даровой свѣтъ солнца. Если бы мы могли имѣть по ночамъ солнечный свѣтъ, проведенный къ намъ отъ нашихъ антиподовъ, гдѣ въ это время сіяетъ солнце, то мы бы, конечно, и не думали превращать драгоценную электрическую энергію въ свѣтъ, — вѣдь это связано съ такой потерей энергіи. Кромѣ дешевой химической энергіи угля имѣются и другіе виды химической энергіи (мы ихъ называемъ химическими веществами), которые имѣютъ самую разнообразную цѣнность, въ зависимости отъ трудности ихъ полученія и ихъ рѣдкости. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, когда радій былъ только что сткрытъ, въ печати появились свѣдѣнія о сказочной стоимости, какую имѣетъ это рѣдкое и замѣчательное вещество, именно благодаря своей рѣдкости. Стоитъ заглянуть въ прейскурантъ какой-нибудь химической фабрики, чтобы видѣть, что за крошечныя количества тѣхъ или иныхъ веществъ цѣны назначаются чрезвычайно высокія, хотя и не такія, какъ за радій. Высокія цѣны обусловлены тѣмъ, что полученіе этихъ веществъ требуетъ соотвѣтственно высокихъ затратъ энергіи, что можетъ выражаться самымъ различнымъ образомъ. Ихъ добываніе можетъ быть связано съ какими-нибудь особыми за-

трудненіями или даже опасностями для жизни, или же они встрѣчаются очень рѣдко и въ недоступныхъ мѣстахъ, или же, наконецъ, затрата энергіи можетъ выразиться еще какъ-нибудь иначе.

Всѣ эти цѣнности имѣютъ значеніе, какъ уже было подчеркнуто, лишь въ примѣненіи къ человѣку, который всѣ оцѣнки производитъ, смотря по своимъ потребностямъ и нуждамъ. Такъ мы видимъ, что произведенія науки и искусства, которыя представляютъ выраженіе особенно трудной или рѣдкой дѣятельности человѣка, оцѣниваются особенно высоко. И здѣсь суть дѣла тоже въ затратѣ энергіи, но энергіи особенно рѣдкой, которая выливается въ такую форму въ мозгу исключительно одаренныхъ въ соотвѣтствующемъ отношеніи людей. Ибо все, что въ этихъ людяхъ высоко цѣнится, должно быть произведено, т.-е. требуетъ опредѣленной затраты работы, безъ чего оно не можетъ ни возникнуть, ни дѣйствовать.

Мы видѣли, какъ мощный потокъ энергіи, излучаемой солнцемъ, разбивается на все болѣе мелкіе потоки; изъ нихъ, правда, лишь исчезающе малая часть достается на долю людей, но и этой части достаточно для того, чтобы прежде всего сдѣлать возможной ихъ жизнь и затѣмъ такъ щедро наполнить ее радостью и горемъ, трудомъ и наслажденіемъ. Этотъ маленькій желобъ приводитъ въ движеніе на поверхности земли всю мельницу жизни, гдѣ главнымъ колесомъ является углеродъ. Лишь его кругооборотъ можетъ пустить въ ходъ всю жизненную энергію живыхъ существъ. Это химическое колесо имѣетъ по сравненію съ обыкновеннымъ мельничнымъ колесомъ то преимущество, что оно никогда не изнашивается, потому что углеродный атомъ ни въ малѣйшей степени не измѣняетъ ни одного изъ своихъ свойствъ, совершаетъ ли онъ свой кругооборотъ въ первый или въ миллионный разъ. Сходство идетъ еще дальше, чѣмъ кажется на первый взглядъ; вѣдь изъ деревяннаго колеса тоже не пропадаетъ ни одного атома, даже когда оно со-

всѣмъ износится, сгніетъ и разрушится. Его вещество тогда разсѣется и перейдетъ въ такое состояніе, что его нельзя больше учесть.

Можно опасаться, повидимому, что подобно этому и колесо земного углерода, которое уже столько лѣтъ вращается между растеніемъ и животнымъ, износится и что постепенно все больше и больше углерода будетъ уходить изъ кругооборота и откладываться въ видѣ углеродсодержащихъ минераловъ (карбонатовъ) въ земной корѣ. Многое говоритъ за то, что въ прежніе геологическіе періоды въ земномъ кругооборотѣ было гораздо больше углерода, чѣмъ теперь.

Другіе элементы играютъ по сравненію съ углеродомъ роль мелкихъ, но, по роду ихъ дѣйствія на землѣ, необходимыхъ частей машины. Большая и совершенная машина остановится, если изъ нея выпадетъ хоть одинъ винтикъ, удерживающій на мѣстѣ какую-нибудь важную часть; и мельница жизни также перестанетъ работать, если недостатъ тѣхъ сравнительно малыхъ количествъ азота, фосфора, калия, сѣры и др. элементовъ, которые такъ нужны животнымъ и растеніямъ. Чѣмъ больше будемъ мы знать о роли, какую играетъ каждый изъ этихъ элементовъ, тѣмъ вѣрнѣе можемъ мы поддерживать ходъ колеса жизни и устранять всѣ его неисправности. И все больше и больше будетъ власть человѣка надъ жизнью.
