

Сб. 1937 г. 1-й кв.

54(098)

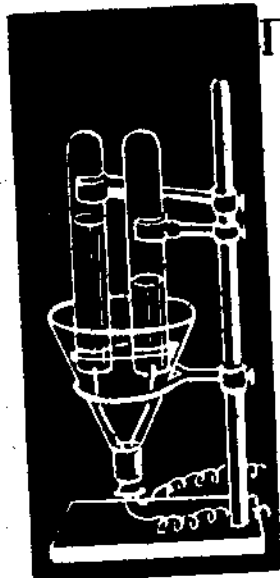
Аб55

Г. АНДРЕЕВ

ВЕЩЕСТВО

ПРЕВРАЩЕНИЯ

И СТРОЕНИЕ



Министерство Народного Просвещения
Государственный Университет

ОГИЗ ГАНЗ

1937

~~54~~
~~A-65~~

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ ЭКЗ.
В. Г. АНДРЕЕВ

Дополнительно
A-65

54
A-65

~~54~~
~~A-65~~

54(008)

A65

ВЕЩЕСТВО ЕГО ПРЕВРАЩЕНИЯ И СТРОЕНИЕ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
Академии наук СССР

28.5.74
71385468

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
АКАДЕМИИ НАУК СССР
16548

Литература
Нормативная
Просвещение
194-с

✓ 1971

Москва-Земля
265638

1979

№ 1/90
17657
ПОСЛАДЧЫ
1967

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АНТИРЕЛИГИОЗНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СССР
Москва

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

АННОТАЦИЯ

В книге рассказывается о превращении вещества в природе и в технике, даются основные понятия о важнейших фактах и законах химии, об атомном строении вещества, о строении атома по новейшим научным данным. Изложение вопроса о строении вещества ведется на исторической основе, отмечается значение науки о веществе для борьбы с религиозными представлениями и выработки четкого марксистско-материалистического мировоззрения, а также для практики переделки мира на социалистических началах. Изложение популярное, рассчитанное на читателя с подготовкой в раз-
мере неполной средней школы. Книга может служить и введением для более углубленного изучения химии путем самообразования.

Отв. редактор В. Г. Фридман.

Техн. редактор И. С. Гохман.

Уполномоченный Главлита № Б-29909. Сдано в набор 13/VII 1937 г.
Подписано к печати 4/X 1937 г. Тираж 10.200. Бумага 82×110¹/₃₂.
Печатн. лист. 10¹/₄. Учетн.-авт. листов 10. Инд. Б-3. ГАИЗ № 40. Зак. 483.

17-я ф-ка национальной книги Огиза РСФСР, треста «Полиграфкнига».
Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книжка имеет целью познакомить малоподготовленного читателя с тем, что изучает химия — наука о превращениях веществ и их составе, каковы важнейшие факты и законы, установленные этой наукой, и какое значение они имеют для выработки научного марксистско-материалистического мировоззрения и для практики нашего небывалого в мире социалистического строительства. В соответствии с этими задачами материал книги располагается в следующем порядке.

Вначале читатель знакомится с примерами постоянного изменения разнообразнейших веществ в природе и технике и узнает, какие из этих изменений являются предметом изучения химии (главы 1 и 2). Затем рассказывается о горении (химической реакции, изучение которой сыграло огромную роль в истории химии), составе воздуха и кислороде. На основании рассмотренного материала дается понятие о различии между смесью и химическим соединением (главы 3, 4, 5). После описания состава и свойств воды, одного из распространеннейших веществ в природе, и водорода идет разбор процессов горения топлива, в связи с чем читатель знакомится с углеродом и продуктами его горения — окисью углерода и углекислым газом — и получает представление о том, что такое химическая энергия. Отсюда естествен переход к дыханию, космической роли растения и, наконец, к азоту, как ко второй важнейшей составной части воздуха, с одной стороны, и как к одному из основных элементов питания растений — с другой (главы 6—11).

Изложенные сведения дают достаточный материал для перехода к разбору понятия «химический элемент» и к краткому ознакомлению с важнейшими элементами. Далее излагаются учение о молекулах и атомах и основной закон химии — закон сохранения вещества. Это, в свою очередь, позволяет дать первоначальное понятие о химии жизни и о великом круговороте веществ в природе (главы 12—18). Первый раздел книги обобщается ознакомлением с основами периодической системы элементов, для облегчения понимания которой соответствующей главе предпосылается глава о химическом языке (главы 19 и 20).

Второй раздел начинается первоначальным ознакомлением с основами современного учения о строении атома (главы 21 и 22), что дает возможность затем еще шире осветить величественный круговорот веществ в природе и показать значение периодической системы, как отражения истории развития вещества во вселенной (главы 23 и 24). Наконец, заключительные главы рассказывают о химическом синтезе и о значении химии для нашего социалистического строительства (главы 24 и 25).

Автор

1. Вещество в природе и технике

На восточном берегу Каспийского моря огромным водным зеркалом раскинулся залив Кара-Богаз. Еще сравнительно недавно редко кто посещал его негостеприимные, выжженные солнцем берега. Когда летом 1847 г. на корвете «Волга» подошел к заливу для его исследования лейтенант Жеребцов, то команда корвета боялась входить в залив, наслушавшись о нем всяких страхов. А теперь:

«В пустыне, где на десятки и сотни километров к югу и востоку еще совсем недавно не было ни одного жилья, в песках, считавшихся непригодными для жизни, возникли заводские трубы, засверкали электрические огни, зазвучала песня рабочих, зазвенел детский смех.

Пустыня ожила.

На берегах залива выросли промыслы с рабочими поселками. Создан целый промышленный центр—Кара-Богаз-порт. Это настоящий город с населением около 5 000 человек, с радиостанцией, телефоном, пристанями, больницей, школами, типографией, продуктовыми и универсальными магазинами, детскими яслями, звуковыми кино и т. д.

В безводной пустыне зазеленели бахчи и первые участки виноградников, заложен питомник древонасаждений для будущего озеленения Кара-Богаз-Гола¹.

Чем же вызван этот чудесный расцвет пустыни с приходом туда советских рабочих, инженеров и техников?

Причина этого расцвета в том, что залив Кара-Богаз таит в себе неисчислимые богатства. В нем ежегодно осаждаются зимой миллиарды тонн глауберовой соли, той самой соли, которую врачи уже давно прописывают в качестве слабительного. Но, конечно, не для этой цели нужны те сотни тысяч тонн глауберовой соли, которые дает стране Кара-Богаз-Голский химический трест (рис. 1). Рабочие-химики превращают эту соль в другое вещество — сульфат натрия, а последний потом опять в

¹ «Правда», 28 августа 1936 г.

новые вещества — соду, серную кислоту, стекло, ценное удобрение — сульфат аммония и пр.

Перенесемся теперь мысленно на противоположный конец нашей необъятной родины, на суровый и дикий Кольский полуостров.

Здесь:

«У подножья горы Вудъяврчорр, в ста километрах севернее полярного круга, большевики заложили город, который



Рис. 1. Зимние выбросы глауберовой соли.

ныне называется именем т. Кирова (рис. 2). В этом городе вот уже больше шести лет живут люди. Больше сорока тысяч человек. И не плохо живут!

Эти люди пришли в дикую тундру, победили северную стужу, бураны и заносы, построили город, заложили рудник, выстроили крупнейшую в мире апатито-нефелиновую фабрику. Здесь выросли сотни стахановцев, преданных своему делу людей, патриотов советского Севера...

В городе есть парк — кусок тайги. Это то, что было на месте города в 1929 году. Вдоль улиц тянутся зеленые насаждения. Прекрасный яркий цветник разбит около здания треста «Апатит». Цветник и зеленые насаждения — работа первого полярно-альпийского ботанического сада в Кировске¹.

¹ «Правда», 8 сентября 1936 г.

Причиной появления цветущего города среди пустынной тундры и дикой тайги послужили огромные россыпи и залежи белого с темнозелеными пятнами минерала — апатита, смешанного с нефелином. Очищенный на Кировской фабрике апатит химические заводы Союза превращают в ценные фосфорные удобрения для на-



Рис. 2. Город Кировск за полярным кругом.

шего сельского хозяйства, а темнозеленый нефелин идет для получения алюминия, стекла и ряда других продуктов.

И сколько таких новых городов выросло в разных концах нашего широко раскинувшегося Союза с тех пор, как победивший рабочий класс по-хозяйски начал исследовать свою страну и все больше и больше использовать ее природные богатства! Но разве эти богатства всегда используются нами в том именно виде, в каком мы берем их от природы?

Конечно, далеко не всегда. Природные материалы, природные вещества служат нам по большей части сырьем, которое мы превращаем на химических и других заводах в новые вещества, часто совершенно не похожие на исход-

ные. Каких только удивительных превращений веществ при этом не наблюдается!

Кто бы мог подумать, например, всего десяток-полтора лет тому назад, что резину для автомобильных покрышек мы будем готовить из спирта, добываемого из самого обыкновенного картофеля (рис. 3).

Нам мало того бензина, который готовым содержится уже в сырой нефти, и на наших крекинг-заводах мы прев-

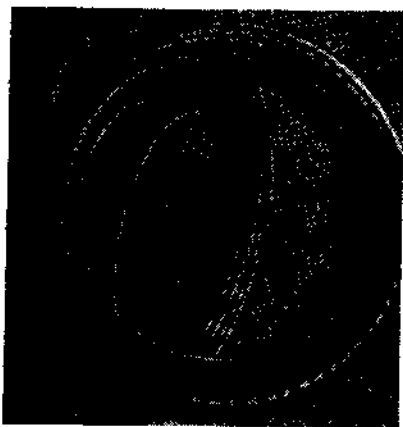


Рис. 3. Резина для этих покрышек приготовлена из картофеля.

ращаем в бензин другие вещества нефти или ее отходов. А в случае надобности мы сумеем превратить в жидкую нефть и твердый каменный уголь!

Из каменного угля наши заводы получают кокс и светильный газ (рис. 4), сотни красок разнообразнейших оттенков, десятки различных лекарств, душистые и взрывчатые вещества и многое другое.

Спички и краски, стекло и взрывчатые вещества, сахар и бумагу, мыло и искусственные удобрения, разные кислоты и щелочи, фотографические материалы и ле-

карства, душистые и различные другие вещества, — все это заводы готовят из разнообразных природных веществ: каменного угля, песка, известняка, свекловичного сока, дерева, жиров, масел и иных веществ. Человеческое общество на заводах и фабриках непрерывно превращает для удовлетворения самых разнообразных своих нужд одни вещества в другие.

Но превращения веществ не только намеренно производятся людьми на фабриках и заводах. Превращения одних веществ в другие постоянно происходят и в природе.

Из маленького семени вырастает могучий раскидистый дуб. Откуда взялись разнообразные вещества, составляющие этот дуб? Они, как мы разберем позже, образовались из веществ, содержащихся в почве и в воздухе.

Жолуди, упавшие с дуба, съела свинья. Вещество этих

тел людей превратится в новые вещества, которые войдут в состав тела свиньи.

Вещества, входящие в состав тела растений и животных, произошли в конечном счете из веществ почвы и воздуха. Останки живых существ после смерти снова возвращаются в почву, где происходят новые изменения веществ. Жизнь тесно связана с великим круговоротом веществ, с их постоянными изменениями и превращениями.



Рис. 4. Коксовые печи в Магнитогорске.

Не остается неизменной и так называемая неживая природа. И помимо жизни здесь идут непрерывные изменения веществ, о важнейших из которых будет рассказано в нашей книжке дальше.

Можно ли правильно понять мир, не умея хотя бы в самых общих чертах разбираться в тех превращениях веществ, которые в нем беспрестанно происходят? Можно ли сознательно относиться к своей производственной работе, если она связана с превращениями веществ, не зная хотя бы общих законов этих превращений?

Конечно нельзя!

Превращения веществ изучаются особой наукой — хи-

мией. Благодаря именно этой науке возможно изготовление всех тех веществ, которые вырабатываются на химических заводах, благодаря ей сельское хозяйство получает искусственные удобрения, благодаря ей можно понять, как и из каких веществ построены растение, животное, человек и весь мир. Наш великий ученый Михайло Ломоносов еще почти двести лет назад сказал об этой науке: «Далеко простирает руки свои химия в дела человеческие!» Поэтому знакомство с наукой о веществе — химией необходимо каждому.

Бесконечно многообразны превращения вещества и в технике, и в природе. Рассказать даже о малой части их в такой небольшой книжке, как наша, невозможно. Но мы и не собираемся этого делать. Мы хотим только на некоторых примерах изменений вещества в природе и производстве выяснить законы этих изменений и познакомить читателя с основами науки о веществе — химии.

2. Химические изменения

Если внимательно приглядеться к тому, что делается вокруг нас, то нетрудно увидеть, что повсюду идут различные изменения в окружающем. Идет дождь, — становится мокро. Пригрело солнышко, — вода испаряется, уходит в воздух. Растут растения и животные, они питаются, размножаются. После смерти они разлагаются, разрушаются, а вместо них рождаются новые. То нагревается, то охлаждается железная крыша на доме, а с течением времени она ржавеет. Изнашивается платье, срабатывается инструмент, стираются даже ступени каменных лестниц в домах.

Везде и всюду идут различные изменения: и при работе человека, и в окружающем его мире. Однако не все такие изменения изучает химия. Химия изучает лишь изменения вполне определенного рода. Какого именно рода, это можно разобрать хотя бы на таком примере.

Хибинские апатиты не всегда существовали в природе. Когда-то давно, когда на поверхности расплавленной ранней Земли начала образовываться от охлаждения твердая кора, они возникли из тех веществ, которые содержались в раскаленной массе Земли. Эти апатиты пролежали спокойно в Хибинах многие миллионы лет, пока на них не наткнулись советские ученые. А вслед за учеными пришли рабочие и инженеры. Теперь с хибинскими апатитами производится целый ряд изменений.

Взрывчатые вещества дробят каменные глыбы. Куски руды доставляются на обогатительную фабрику. Здесь мощный транспортер перебрасывает их в дробильные машины, где руда размалывается на мелкие зерна. В таком виде она передается затем в так называемый флотационный корпус, где снова подвергается дроблению в специальных мельницах. После этого ее загружают в большие чаны и перемешивают с особыми жидкостями — олеиновой кислотой, березовым дегтем, жидким стеклом. Они образуют пену, которая обволакивает частицы апатита и заставляет их всплывать вверх, в то время как примеси опускаются на дно. Апатит отделяется, просушивается и поступает на склад.

Однако «приключения» апатитовой руды на этом не кончаются. Со склада она поступает в вагоны и отправляется на химические заводы. Здесь она опять претерпевает целый ряд изменений. Апатит на особых мельницах размалывают в тонкую муку и просеивают последнюю через сита для отделения от более крупных кусочков. Затем муку смешивают с серной кислотой и получают таким путем суперфосфат, ценное удобрение для сельского хозяйства. Отделенный от жидкости и просушенный суперфосфат поступает на склады, а оттуда снова в вагоны.

С химических заводов вагоны развозят суперфосфат по колхозным и совхозным складам. Здесь его вносят в землю, на которой будут расти затем хлопок, лен, сахарная свекла, табак, хлебные злаки и другие необходимые для нас растения. Растворяясь в почвенной влаге, суперфосфат вытягивается вместе с ней корнями и внутри растений превращается в новые вещества, составляющие тело этих растений.

Можно было бы много дальше проследить судьбу апатитовой руды. Но и сказанного уже достаточно, чтобы видеть, насколько сложные и многообразные превращения она претерпевает. Нетрудно, однако, заметить, что все эти превращения можно разделить на два сорта. При одних из них, например при получении из апатита суперфосфата или при превращении последнего в вещества растений, изменялось самое вещество: суперфосфат — уже особое вещество, на апатит не похожее, а вещества тела растений, в свою очередь, — другие, не похожие на суперфосфат. При других же превращениях, например при дроблении или размалывании, менялась только форма руды, вещество же ее не менялось: апатит оставался апатитом.

Вот химия-то и изучает только изменения первого рода, т. е. такие, при которых коренным образом изменяется самое вещество: когда из одних веществ получаются другие, с новыми свойствами, резко отличными от свойств исходных веществ.

Остальные изменения касаются другой науки—физики. Как мы увидим позже, глубокие изменения веществ при химических превращениях обусловлены изменением состава этих веществ.

Если вы мысленно просмотрите ряд известных вам производств, то сами легко заметите, что в одних из них изменяется лишь внешняя форма предметов,—возьмите, например, работу цехов кузнечного, столярного, токарного. Это—производства механические. В них вещество, из которого состоят предметы, не изменяется, скажем, дерево остается деревом, хотя бы из него сделали стол, кровать, линейку или какой-либо другой деревянный предмет. В других же производствах—химических—происходит глубокое изменение самого вещества. Уксусная кислота, древесный спирт, скипидар, канифоль и другие продукты, добываемые из дерева, совсем не похожи на дерево, эти вещества обладают совершенно иными свойствами, чем дерево.

На металлургических заводах, когда из непохожих на металлы руд добываются металлы, происходят, главным образом, химические изменения.

На металлообрабатывающих заводах происходят изменения физические (придание кускам металла различной формы, плавка и т. д.). Таяние снега и испарение воды при нагревании солнцем—изменения физические. При питании животных и растений происходят изменения химические, так как при этом вещества пищи превращаются в совсем другие вещества, входящие в состав тела животных или растений.

Надо, впрочем, заметить, что и в производстве, и в природе изменения физические и химические идут рядом друг с другом и тесно переплетаются между собой.

Научившись отличать химические изменения от физических, перейдем к более подробному знакомству с первыми из них, для чего попробуем разобраться в таком как будто бы хорошо известном каждому явлении, как горение.

3. Что такое горение

Мы на подъездном пути опромного химического завода, изготовляющего серную кислоту. Около вагонов кипит работа по выгрузке привезенного сырья и погрузке отправляемых продуктов. С платформ сбрасывают груды золотисто-желтого минерала, который в старину называли иногда «ослиным золотом», так как несведущие люди принимали его нередко за золотую руду. А в вагоны грузят большие пузатые бутылки в корзинах, наполненные тяжелой маслянистой жидкостью, несколько капель которой могут причинить мучительные ожоги. Золотисто-желтый минерал — это серный колчедан, а тяжелая жидкость — серная кислота. И если мы спросим у рабочего, наблюдающего за погрузкой, из чего приготовлена на этом заводе серная кислота, то он укажет на кучи золотисто-желтого минерала и ответит: «Из серного колчедана». Однако как непохож этот безобидный камень на едкую серную кислоту!

Тем не менее рабочий прав. Чтобы убедиться в этом, пройдем в то большое здание, где стоят печи для сжигания серного колчедана. Внутри этих печей все раскалено добела, — колчедан горит. И горит сам по себе, без дров и угля, горение поддерживается только проходящим из особой башни высушенным воздухом. Лишь в самом начале работ, когда печи были еще холодные, колчедан разжигали топливом, теперь этого не нужно.

Как же устроена такая печь и что в ней происходит?

Для ясности одна из печей для сжигания серного колчедана изображена на рис. 5 как бы разрезанной вдоль.

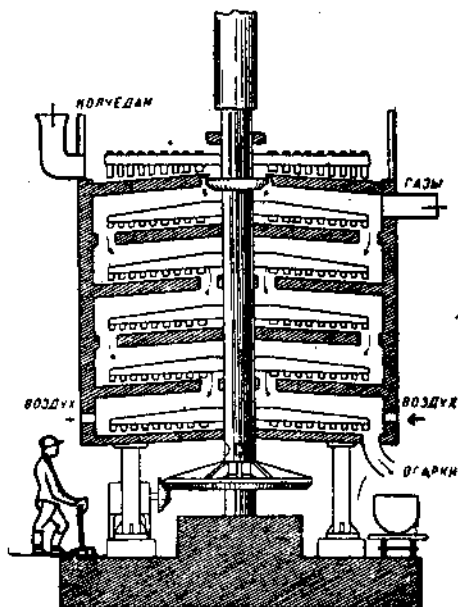


Рис. 5. Печь для сжигания серного колчедана.

Размельченный колчедан поступает в печь через воронку, показанную на рисунке слева сверху, и попадает на верхнюю полку. Чугунный вал печи, проходящий по середине, вращается и вращает прикрепленные к нему зубчатые чугунные трабли. Они разравнивают колчедан и постепенно продвигают его к середине печи, где он проваливается через отверстие на вторую полку. Здесь зубья, наоборот, продвигают колчедан к краям, где он проваливается на третью полку, и т. д. На верхней полке колчедан подсушивается, а дальше разогревается настолько, что начинает уже гореть. Сухой воздух идет через трубы, показанные на рисунке справа и слева внизу печи.

От горения колчедана получается газообразное вещество, такое же бесцветное, как воздух. Но пахнет это вещество совершенно так же, как пахнет горящая сера. Оставшиеся после сгорания колчедана «огарки» выгружаются из печи через трубу, показанную на рисунке справа внизу, а образовавшийся газ в смеси с воздухом выходит справа сверху.

Дальше газы проходят через ряд сложных аппаратов, где они охлаждаются, очищаются, снова подогреваются и, наконец, превращаются в серную кислоту. Здесь нам нет ни нужды, ни возможности подробно знакомиться с устройством и работой всех этих аппаратов. Для нас достаточно будет узнать, что в одном из них, так называемом контактном; образовавшийся от сгорания колчедана газ под влиянием воздуха превращается в новое вещество, а это последнее, соединяясь с водой, и дает серную кислоту.

Вот, значит, какие удивительные превращения золотисто-желтого минерала в едкую кислоту можно наблюдать на сернокислотном заводе. Но ведь мы хотим не только наблюдать, но и понять эти превращения. А для этого надо разобраться в них подробнее.

Приготовление серной кислоты начинается с сжигания серного колчедана. Всякий как будто бы знает, что такое горение, — ведь сотни раз приходилось наблюдать каждому горение дров в печке, свечи, лампы, спички и так далее. На самом же деле объяснить, что такое горение, может далеко не всякий. Над разъяснением этого явления трудились многие ученые, и разъяснить его правильно удалось всего около 160 лет тому назад.

Сотни тысяч лет существует на земле род человеческий. Давно-давно, в незапамятные времена, к огню, возникшему от молнии или вулканического извержения, собирались в

холодное предутреннее время греться стада существ, которые нам показались бы похожими на обезьян. Но эти существа уже умели делать орудия, — это были люди. И они подбрасывали сначала в потухающий огонь ветви и сучья, а потом иным из них пришла в голову гениальная догадка, что можно взять горящую головешку к своему жилищу и поддерживать огонь там. Еще позже, наблюдая искры, образующиеся при оббивке камней на орудия, или разогревание кусков дерева при их обработке, люди научились и сами добывать огонь.

Как изменило это жизнь первобытного человека! Он мог теперь варить, печь и жарить свою пищу, запастись ее копчением, согреваться около огня в холодное время, отваживаться проникать с огнем в более суровые по климату местности, защищаться с помощью огня от нападения наиболее опасных своих врагов — хищных зверей. А позже огонь позволил ему обжигать для своих надобностей глиняную посуду, выплавлять металлы и т. д. Благоприятное влияние огня на жизнь людей было настолько



Рис. 6. Печь для выплавки железа у негров.

велико, что наивный ум первобытного человека приписал огню «божественное» происхождение и даже самый огонь считал «божеством».

Для выплавки и обработки металлов и для некоторых других целей нельзя было применять костер или первобытный очаг, так как их жар был для этого недостаточен. И люди давно уже научились строить специальные печи с хорошей тягой воздуха (рис. 6) или особые очаги, где огонь для получения сильного жара раздувался мехами, т. е. усиленной подачей воздуха.

Казалось бы, отсюда давно можно было сделать вывод, что для горения нужен воздух. Однако еще несколько сот лет тому назад находились ученые, которые длинными рас-

суждениями доказывали, что масляные лампы могут гореть годами в замкнутом пространстве!

С течением времени совершенствовалась техника, росло и расширялось производство, особенно же, среди других его отраслей, металлургия, т. е. выплавка металлов из руд. Уже в XIV—XV веках в Европе распространилось применение чугуна в качестве литейного материала. А для выплавки чугуна нужны более совершенные печи, позволяющие получать значительно более высокие температуры, чем в применявшихся раньше горнах для выплавки из руды вязкого железа.

В XVII веке передовым странам Европы понадобилось уже так много металла, что явилась необходимость учиться использовать труднее перерабатываемые руды, чем те, которыми пользовались прежде.

Но как же можно добиться высокого совершенства работы печей, не умея разобраться в том, что происходит при горении? Как улучшить выплавку металла из руды, не представляя себе ясно, какие именно химические изменения при этом совершаются? Потребности производства властно требовали научного изучения процессов горения, а также химических процессов, происходящих при выплавке металлов.

И вот, в конце XVII века появилась теория флогистона, которая объясняла процессы горения тем, что способные гореть вещества якобы содержат особую составную часть — флогистон. Уголь, сера, дерево и т. п. содержат много флогистона, и поэтому они хорошо горят. Обычные металлические руды вовсе не содержат флогистона, и поэтому они не горючи. Но если эти руды нагревать с углем, то уголь отдает им свой флогистон. Соединяясь с флогистоном, руда превращается в металл. Если металл почему-либо потеряет свой флогистон (например, железо заржавеет), то он превратится в «металлическую землю», или «металлическую известь». Горение по теории флогистона — это разложение сложного тела при нагревании, при чем улетучивается флогистон. Но причем же здесь воздух, который необходим для горения?

Свежий воздух, — отвечала теория флогистона, — необходим для того, чтобы поглощать и уносить с собой выделяющийся при горении флогистон. Если воздух вокруг горящего тела не будет освежаться, то он скоро «насытится» флогистоном; горение тогда прекратится, так как флогистону некуда будет больше выделяться.

В дальнейшем, когда о законах превращения вещества узнали больше, а главное, открыли ряд новых, не известных раньше веществ, стало ясно, что теория флогистона неправильно объясняет факты. И на вопрос о том, что такое горение, мы получили совершенно иной ответ.

Удивительный газ имени Карла Шееле

В 1774 году открыл шведский аптекарь Карл Шееле (рис. 7) находясь в своей комнатке своей аптеки в Кёппинге «красную ртутную известь». Это красный порошок, который мы называем теперь красной окисью ртути. Шееле заметил, что при этом выделяется какой-то «воздух» (в те времена всякий газ называли «воздухом»). Собрав этот «воздух» в отдельный сосуд, Шееле начал производить с ним различные опыты.

Каково же было его изумление, когда оказалось, что пламя свечи в этом «воздухе» горит ослепительно ярко, что тусклый огонек горящей серы вспыхивает здесь волшебным голубым светом, что вообще горение всех тел во вновь открытом «воздухе» идет гораздо сильнее и энергичнее, чем в обычном воздухе (рис. 8, 9 и 10). Поместив во вновь открытый вид «воздуха» двух больших пчел, Шееле заметил, что этот «воздух» поддерживает дыхание.

Шееле был убежденным приверженцем теории флогистона. Еще раньше, производя различные опыты с обыкновенным воздухом, он пришел к выводу, что этот воздух состоит из двух частей: «огневого воздуха», весьма сильно притягивающего к себе флогистон, и «дурного воздуха», который флогистона совсем не притягивает. И теперь Шееле было ясно, что удивительный газ, выделявшийся при нагревании красной ртутной окиси, есть не что иное, как чистый «огневой воздух».



Рис. 7. Карл Вильгельм Шееле (1742—1786)

Только в 1777 году опубликовал Шееле сообщение о своем открытии. Но за три года перед этим, ничего не зная о работах Шееле, об открытии того же нового удивительно-го газа сообщил английский ученый Джозеф Пристлей (рис. 11). Он получил этот газ, накаливая красную окись ртути на солнце с помощью большого зажигательного стекла. Пристлей также наблюдал поразительную способность нового газа энергично поддерживать горение и дыхание и назвал поэтому этот газ «дефлогистированным воздухом», т. е. воздухом, не содержащим флогистона. Другой же газ, остающийся после горения вещества в замкнутом объеме

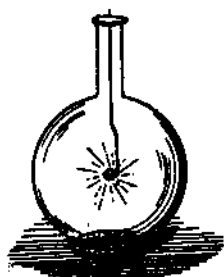


Рис. 8. Горение серы в кислороде.



Рис. 9. Горение фосфора в кислороде.



Рис. 10. Горение железа в кислороде.

обычного воздуха, Пристлей назвал «флогистированным воздухом», т. е. воздухом, насыщенным флогистоном (и потому не поддерживающим горения).

Осенью 1774 г. Пристлей попал проездом в Париж и сообщил некоторым французским ученым, среди которых был еще молодой, но известный химик Антуан Лавуазье (рис. 12), об открытом им новом удивительном газе.

Лавуазье уже в течение нескольких лет усердно изучал процессы горения. Рассказ Пристлея сразу осветил ему тот путь, на котором можно было найти решение занимавшего его важного вопроса.

Особенностью работы Лавуазье было то, что он при своих опытах все точно измерял и взвешивал. Благодаря его работам измерительный метод и завоевал потом прочное место в химии. Эти приемы помогли ему раскрыть и тайну горения.

Открытый Пристлеем газ входит в состав обычного воздуха, и это именно он поддерживает всякое горение, соединяясь с горящим веществом, — решает Лавуазье.

Чтобы доказать это, Лавуазье в течение 12 дней нагревал в стеклянной реторте (на рис. 13 она обозначена буквой А) ртуть, тот блестящий жидкий металл, который можно видеть, например, в градусниках. Реторта с помощью изогнутой трубки сообщалась со стеклянным воздушным колоколом В, помещенным над ртутью. Значит, ни наружный воздух не мог попасть в колокол и реторту, ни содер-



Рис. 11. Джозеф Пристлей
(1733—1804).



Рис. 12. Антуан Лоран Лавуазье
(1743—1794).

жащийся в последних воздух не мог выйти наружу. И вот ртуть в реторте А при нагревании начала превращаться в красный порошок.

Перед опытом Лавуазье тщательно измерил объем реторты и колокола, а ртуть взвесил.

Когда образование красного порошка прекратилось, Лавуазье потушил огонь в печи и дал всему прибору охладиться. Часть ртути из сосуда С вошла в колокол В; это ясно показало, что объем воздуха в реторте и колоколе уменьшился, — какая-то его часть потратилась на образо-

вание красного порошка. Лавуазье опять тщательно измерил уменьшение объема воздуха и затем взвесил красный порошок. При этом оказалось следующее:

1. В оставшемся в реторте и под колоколом воздухе ничто уже не могло гореть. Горящая лучинка, например, потухала в нем, будто опущенная в воду.

2. Красный порошок весил больше, чем та ртуть, из которой он образовался.

Лавуазье дал этому такое объяснение: воздух состоит из двух частей: одной — поддерживающей горение, дру-

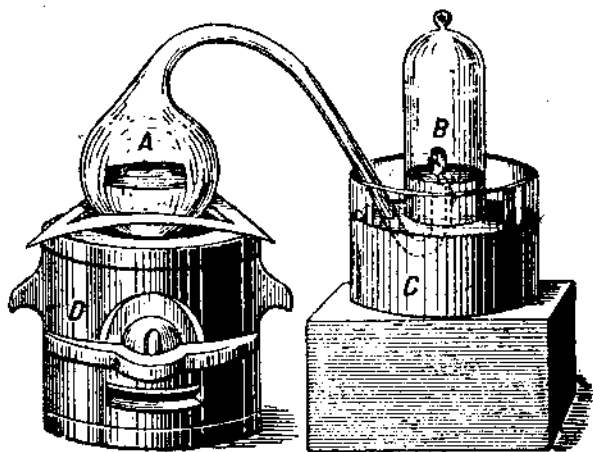


Рис. 13. Опыт Лавуазье. А — реторта с ртутью, В — стеклянный колокол, С — сосуд с ртутью.

гой — не поддерживающей. При нагревании ртути первая часть воздуха потратилась, она соединилась с ртутью, и от этого соединения получился красный порошок. Весит этот порошок больше, чем ртуть, потому что к последней прибавилась потратившаяся при горении часть воздуха.

И действительно, когда Лавуазье нагревал потом получившийся красный порошок, то порошок разлагался на ртуть и на особый газ. В этом газе не только горели гораздо лучше такие вещества (лучинка, сера и пр.), которые горят и в воздухе, но даже и некоторые такие, которые обычно в воздухе не горят (например, железо). Этот хорошо поддерживающий горение газ Лавуазье назвал кислородом, так как он думал, будто кислород является обя-

ательной составной частью всех кислот; это потом оказалось однако неверным. Другими опытами Лавуазье доказал, что кислорода в воздухе по объему, примерно, одна пятая часть, а остальные четыре пятых воздуха почти целиком состоят из другого, не поддерживающего горения газа, который Лавуазье назвал азотом.

Много работал Лавуазье над изучением горения и других веществ в воздухе. Главным инструментом при этом служили ему весы, о значении которых для химии известный немецкий химик Либих говорит:

«Всеми великими открытиями Лавуазье обязан весам, этому несравненному инструменту, который подтверждает все наблюдения и открытия, побеждает сомнения, выводит на свет истину и указывает нам то, заблуждались ли мы или были на настоящей дороге».

И вот, с помощью весов Лавуазье доказал, что при горении из воздуха тратился кислород, а все, что получалось от горения вещества, весило больше, чем само горевшее вещество. На сколько больше? Ровно на столько, сколько весил потратившийся при горении из воздуха кислород.

Да как же так, — может быть, скажете вы, — ведь всякий ребенок знает, что когда горят дрова, уголь, свеча, спичка, не только ничего к ним не прибавляется, а наоборот: вещество почти все пропадает, остается только маленькая кучка золы и пепла...

Это только кажется, будто вещество здесь пропадает. Дело в том, что при горении дров, угля, спички, свечи получают, главным образом, вещества, похожие на воздух, прозрачные бесцветные газы, которые и разлетаются в воздухе. А если эти газы задержать и собрать, то весы покажут, что они (вместе с оставшимся от горения пеплом) весят больше, чем сгоревшее вещество. Вот как, например, в этом можно убедиться в случае горения свечи.

На одну чашку весов (рис. 14) подвешивается бутылка с широким горлышком. На дне бутылки стоит свеча, а верх бутылки наполнен особым веществом (натронной известью), которое хорошо задерживает все то, что получается от горения свечи. Дно бутылки имеет отверстия для того, чтобы внутрь свободно проходил воздух. На другую чашку кладутся гири так, чтобы обе чашки стояли ровно. Когда все готово, свечу зажигают. И что же? Чашка с горящей свечой, где вещество как будто бы исчезает, начинает перетягивать. Вот от свечи остался уже маленький огарочек, и все-таки чашка со свечой намного перетянула. Перетя-

нула потому, что к веществам горевшей свечи прибавился еще кислород из воздуха, и все это вместе задержалось в стеклянном цилиндре.

Значит, горение — это быстро идущий процесс соединения вещества с кислородом (иногда и с другими веществами), сопровождающийся значительным выделением тепла и света.

Таким образом тайна горения была наконец разрешена. И не только горения, но и получения металлов из кислородных руд. Как установил Лавуазье, такие руды представ-

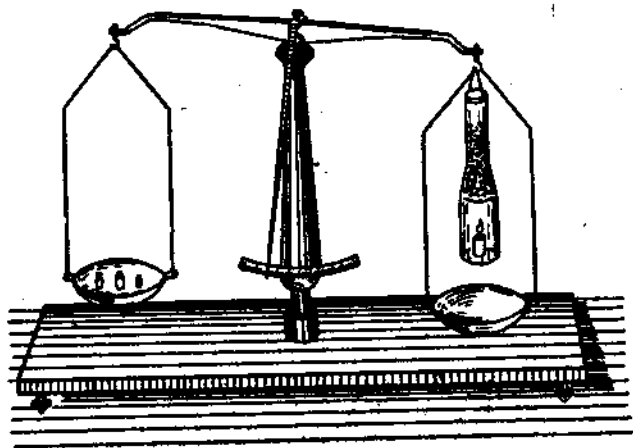


Рис. 14. По мере сгорания свечи чашка весов, на которой находится свеча, перетягивает.

ляют собой химические соединения металла с кислородом. При нагревании их с углем кислород руды соединяется с углем, и металл освобождается из руды.

Старой теории флогистона был нанесен сокрушительный удар. Кислородная теория горения, основанная на неопровержимых опытных данных, была прямо противоположна теории флогистона, которая (см. стр. 16) рассматривала горение как разложение вещества. Все попытки сторонников последней отстоять флогистон оказались тщетными, — химию пришлось перестраивать на новых основах, разработанных Лавуазье и его последователями. В Париже был даже устроен специальный праздник, на котором жена Лавуазье при звуках торжественной музыки предала сожжению флогистонную химию.

5. Какая разница между смесью и химическим соединением

Итак, после работ Лавуазье с несомненностью выяснилось, что главными составными частями обыкновенного воздуха являются два газа: кислород, энергично поддерживающий горение и дыхание, и азот (что по-русски значит «безжизненный»), не способный поддерживать горения и дыхания. Теперь мы можем понять, как из минерала серного колчедана готовится серная кислота.

Серный колчедан горит, причем через него продувают сухой воздух. Значит, вещество, из которого состоит серный колчедан, соединяется с кислородом воздуха. В трубу уходит тот же газ (смешанный с воздухом), который получается при горении серы. Этот удушливый газ получается от соединения серы с кислородом и называется сернистым газом. С помощью весов химики убедились, что если сжечь, например, тридцать два грамма серы, то получится шестьдесят четыре грамма сернистого газа. Другими словами, при горении серы к ней присоединяется столько же кислорода, сколько она сама весит.

Сернистый газ, как мы видели, поступает в особый аппарат, где из него получается другое вещество. В совершенно очищенном виде это вещество представляет собой белый порошок, который тоже состоит из серы и кислорода. Но, по исследованиям химиков, в этом порошке кислорода уже больше, чем серы, а именно: на тридцать два грамма серы в нем содержится сорок восемь граммов кислорода. Что это значит? А это значит, что в аппарате сернистый газ соединился с кислородом воздуха и от этого обратился в новое вещество.

Если это вещество, называемое серным ангидридом, бросить в воду, то оно с сильным шипением соединяется с водой и образует серную кислоту. Вода при этом сильно нагревается.

А что осталось в печке после сжигания колчедана? Колчеданные огарки, которые представляют собой не что иное, как соединение железа с кислородом.

Теперь мы можем понять, и из чего состоит серный колчедан. Раз при его сгорании получилось соединение серы с кислородом и железа с кислородом, то значит, он представляет собой химическое соединение серы и железа.

Но ведь этот камень по свойствам резко отличается и от серы и от железа? Верно. Но в том-то и состоит раз-

ница между химическим соединением нескольких веществ и их простой смесью. Возьмем, например, и смешаем 7 граммов железных опилок с 4 граммами порошка серы. В такой смеси просто даже на-глаз, а тем более с помощью увеличительного стекла, можно различить отдельные час-

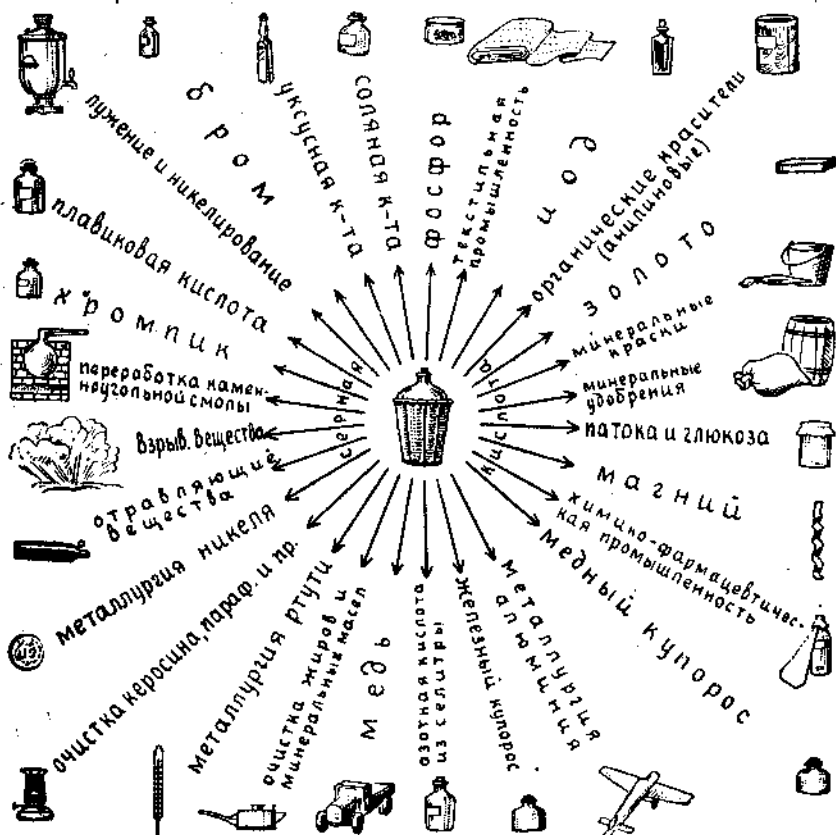


Рис. 15. Для чего нужна серная кислота.

тики серы от частичек железа. Это — простая смесь. Но если попробовать хоть в одном месте накаливать эту смесь, то она дальше разогреется и накалится сама собой, и после этого в ней уж никакими способами нельзя различить ни железа ни серы. Получилось химическое соединение железа и серы. Химическое соединение, значит, по своим

свойствам резко отличается от тех веществ, из которых оно получилось: при химических превращениях происходит глубокое изменение вещества.

После этого понятно, почему серная кислота совсем не похожа на колчедан, или соляная кислота — на поваренную соль, из которой она готовится, медный купорос — на медь и так далее.

Ведь в серную кислоту из колчедана перешла только сера, да, кроме того, она химически соединилась еще с кислородом и водой.

Дальше мы познакомимся со многими примерами химических превращений и узнаем также другие важные различия между химическими соединениями и простыми смесями. Здесь же пока ответим еще на один вопрос, который может возникнуть у читателя.

Если из серного колчедана для приготовления серной кислоты нужна только одна сера, то нельзя ли для получения сернистого газа сжигать именно серу, а не колчедан?

Можно, и это даже гораздо проще и легче. В прежнее время (до 1838 г.) серную кислоту почти только и готовили из серы. Однако тратить серу на приготовление серной кислоты, когда потребность в ней очень большая, невыгодно, да ее просто и нехватило бы. Достаточно сказать, что сейчас во всем мире ежегодно готовится около 15 миллионов тонн серной кислоты, которая является одним из самых важнейших продуктов химической промышленности. Она необходима для производства удобрений, красок, взрывчатых веществ, очистки нефти и целого ряда других производств (рис. 15). Поэтому-то и пришлось искать более дешевое и доступное сырье для производства серной кислоты, каковым и оказался, например, серный колчедан (или, иначе, пирит).

6. Что такое вода

Мы познакомились с составом воздуха, того вещества, которое окружает нас со всех сторон и без которого невозможна наша жизнь. О воздухе нам придется еще говорить и в дальнейшем. А теперь зададим себе вопрос: что такое вода?

Этот вопрос может показаться странным. Всякий знает, что такое вода. Всякому известно, что она бывает жидкая, или твердая (лед), или газообразная (водяной пар). Без воды мы не можем жить так же, как без воздуха; вода

играет также важнейшую роль в технике. С помощью воды работают все наши паровые машины; на фабриках и заводах она применяется для растворения различных веществ, для промывки, охлаждения и т. д. Это необходимое для нас вещество хорошо знакомо каждому, и не стоит даже задаваться вопросом, что такое вода.

Однако химик спросит вас еще, знакомы ли вы с химией. И если вы ответите, что нет, то он станет утверждать, что вы далеко еще не знаете, что такое вода. В доказательство этого он покажет вам удивительную вещь: на ваших глазах он превратит самую обыкновенную безобидную воду в сильное взрывчатое вещество. Сделает он это следующим образом.

В стеклянный сосуд, заткнутый снизу пробкой, через которую пропущены электрические провода, оканчивающиеся платиновыми пластинками а (рис. 16), он нальет воду, чуть подкисленную серной кислотой для лучшей проводимости электрического тока. Над пластинками укрепит два стеклянных цилиндра, наполненных доверху той же водой. Потом пропустит через воду постоянный электрический ток. Над пластинками сейчас же начнут выделяться пузырьки каких-то газов, подниматься в цилиндрах вверх и вытеснять из них воду. На-глаз будет видно, что в одном цилиндре (справа на рисунке) газа собирается в два раза больше, чем в другом.

Наполнив газами цилиндры, химик осторожно снимет их, обернет полотенцами, приложит плотно отверстиями друг к другу и, поворачивая цилиндры вверх и вниз, тщательно перемешает газы. Затем, раздвинув цилиндры, он поднесет их отверстиями к пламени свечи, и... вы услышите оглушительный взрыв. Смесь газов, получившихся от разложения воды электрическим током, оказывается сильно взрывчатым веществом. Не правда ли, это очень удивительно?

Но мы, конечно, не станем ограничиваться одним удивлением, а попросим химика разъяснить, в чем тут дело. Он охотно нам все объяснит, причем объяснит не только рассказом, но и показом, что гораздо убедительнее. Он снова наполнит цилиндры водой, укрепит их над пластинками и пустит ток. Когда один из цилиндров наполнится газом, в другом газа будет еще только наполовину. Сняв первый цилиндр, химик опустит в него горящую лучинку. Лучинка сейчас же потухнет, но зато сам газ с легким треском вспыхнет и будет гореть едва заметным слегка голубоватым пламенем. В это время успеет наполниться газом и

второй цилиндр. Тем же порядком химик снимет этот цилиндр и опустит в него на этот раз уже не горящую, а только тлеющую лучинку. Лучинка вдруг вспыхнет и разгорится ярким пламенем.

Не кислород ли в этом цилиндре? — спросите вы, вспомнив про опыты Лавуазье.

Да, чистый кислород! — ответит вам химик. А в первом цилиндре был другой газ, который горения не под-

держивает, но зато сам горит. Этот газ, самый легкий из всех газов, прозрачный и не имеющий запаха, называется водородом.

Водород горит, значит, он соединяется с кислородом.

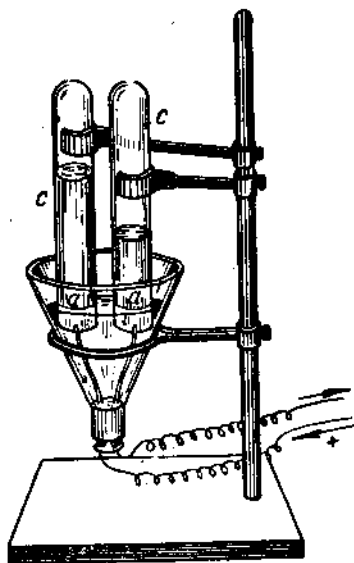


Рис. 16. Разложение воды электрическим током.

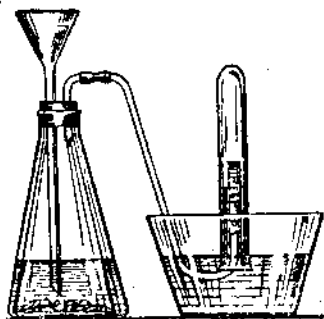


Рис. 17. Добывание водорода из серной кислоты.

Что же за вещество от этого получается? — опять спросите вы.

Химик опять ответит показом. Сначала он покажет вам, что водород можно добыть не только из воды, но и, например, из серной кислоты. В бутылку он бросит кусочки цинка (рис. 17) и нальет на них через воронку разбавленную серную кислоту; сейчас же в бутылке начнут выделяться пузырьки газа. Подождав некоторое время, химик соберет выходящий из бутылки через стеклянную трубку газ в цилиндр и с помощью горячей лучинки покажет вам, что этот газ — водород. После этого, убрав чашку с во-

дой, он прямо зажжет водород при его выходе из трубки: над ней покажется голубоватое горячее пламя. Взяв совершенно чистый, сухой, холодный стакан, химик подержит его над этим пламенем.

Вы не верите своим глазам: стакан запотел, и на его стенках появились капельки воды.

Неужели от горения водорода получается вода? — спросите вы с удивлением.

Да, самая обыкновенная вода, — ответит химик. Ибо вода и есть химическое соединение водорода и кислорода, причем водорода идет на ее образование в два раза больше по объему, чем кислорода. Что вода состоит именно из водорода и кислорода, и только из них, это вам показано и опытом с разложением воды и опытом с ее образова-

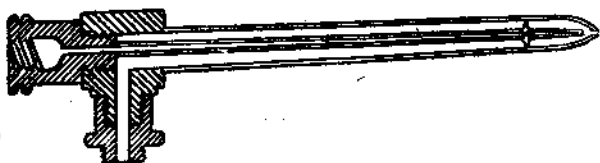


Рис. 18. Горелка для гремучего газа, изображенная в разрезе. Через наружную трубку впускается водород, а через другую трубку, проходящую внутри первой, впускается кислород. Оба газа смешиваются у суженного конца и зажигаются.

нием. Теперь становится понятным название — водород («рождающий воду»).

Прежде чем распрощаться с химиком, спросим его еще, почему он не зажигал выходящий из трубки водород сразу же после того, как в бутылку была налита кислота, зачем он ждал с этим некоторое время?

Затем, — ответит химик, — чтобы не пострадали наши костюмы и физиономии. Ведь в бутылке-то раньше был воздух, и первое время из нее выходил, значит, водород, смешанный с воздухом. В воздухе же имеется кислород. А водород, смешанный с кислородом, представляет собою взрывчатое вещество, гремучий газ, взрыв которого только что был показан. Поднеси я раньше времени к трубке пламя, пока из нее еще шел гремучий газ, бутылку разорвало бы, и наши костюмы и физиономии получили бы добрую порцию кислоты и осколков стекла.

Вот каким образом получается взрывчатое вещество из воды. Несмотря на его силу, химики, однако, не только

научились предохранять от него свои и чужие костюмы, но и применять его в технике. Дело в том, что при горении водорода в кислороде, т. е. при образовании из них воды, развивается очень сильный жар. Этот жар с помощью особых приборов (рис. 18) используют для сварки и резки металлов. Вода, острым кончиком пламени изображенной на рис. 18 горелки по железной плите, можно, например, резать ее, как воск, ножом. Здесь газы смешиваются только по выходе из горелки, и потому горение идет спокойно. В пламени гремучего газа плавится даже металл—платина, для расплавления которого необходим жар около 1800 градусов (рис. 19).

У читателя может возникнуть еще один вопрос: если всякая вода представляет только химическое соединение кислорода и водорода, то почему же в природе вода встречается разная: в море соленая, в реках несоленая, жесткая и мягкая, целебная и нецелебная?

В природе нет химически чистой воды, к ней всегда примешаны те или иные вещества. Выпарьте в чистой чашке воду из речки, и вы увидите, что на дне чашки останется белый налет. Значит, в этой воде были растворены твердые вещества. По этой же причине образуется накипь в паровых котлах, самоварах, чайниках. Если выпарить в чашке столько же морской воды, сколько раньше вы взяли речной, то налета в чашке останется гораздо больше, потому что в морской воде растворено много разных солей—поваренной соли, горькой соли и других. В жесткой воде растворено много извести или гипса. В целебных водах растворены такие вещества, которые приносят облегчение при некоторых болезнях. Чтобы получить совершенно чистую воду из природной, последнюю надо очистить с помощью особых перегонных аппаратов (рис. 20). В них вода от нагревания

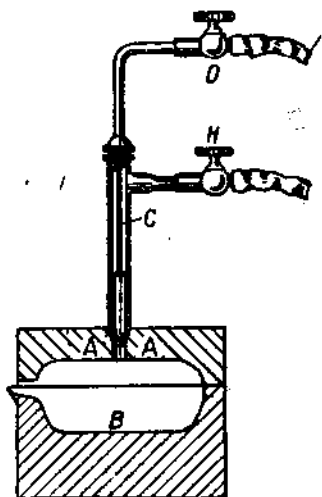


Рис. 19. Плавильная печь с гремучим газом (в разрезе). Внизу—печь, в нее помещают вещество, которое нужно расплавить. Через трубку *O* впускается кислород, через трубку *H*—водород, которые смешиваются и зажигаются у отверстия *АА*.

превращается в пар, а пар, охлаждаясь в другом месте, сгущается уже в чистую воду. Такая вода называется дистиллированной.

Дистиллированная вода применяется, главным образом, в лабораториях при научных исследованиях, а в технике только в некоторых химических производствах. Но далеко не всякая вода пригодна для остальных технических целей.

Вы хорошо знаете из практики, что природная вода бывает жесткая и мягкая. В жесткой воде медленно и пло-

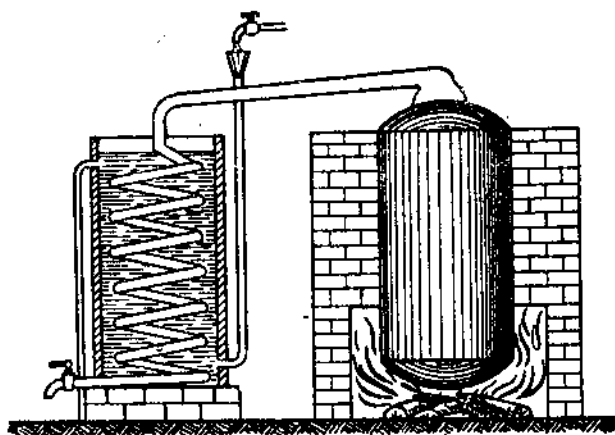


Рис. 20. Аппарат для перегонки воды. В котел (справа) наливается вода и нагревается до кипения. Водяной пар по трубе переходит в змеевик (слева), помещающийся в чане, в котором протекает снизу вверх холодная вода. Пар в змеевике охлаждается и сгущается в чистую воду, которая стекает вниз.

хо развариваются такие продукты, как мясо, горох, бобы, в ней плохо мылится мыло, чай дает слабый настой, при ее кипячении образуется много накипи. Такая вода не пригодна для питания паровых котлов (из-за накипи), не годится для работы в шерстомойнях, на шелкоткацких и шелкокрапильных фабриках, в писчебумажном, крахмальном, сахарном, кожевенном, винокуренном и многих других производствах. Поэтому в технике часто приходится воду, назначенную для питания котлов или для производственных целей, предварительно очищать от главной массы содержащихся в ней примесей. Достигается это тем, что

природную воду разбавляют с определенным количеством едкой извести, едкого натра, соды.

Что же при этом получается?

Жесткость воды, как уже было сказано, зависит от присутствия в ней некоторых посторонних примесей, содержащихся в воде в растворенном состоянии. При взаимодействии с едкой известью, содой или едким натром эти вещества превращаются в другие, не растворимые в воде, и выпадают поэтому в осадок. Отделенная затем от осадка вода становится вследствие этого мягкой и вполне пригодной для технических целей.

После знакомства с водой и воздухом поговорим теперь о топливе. Нам надо узнать, что представляет собой то вещество, которое является главной составной частью почти всякого топлива.

7. Что горит в заводских топках

Когда подъезжаешь к фабрике или заводу, то первое, что бросается в глаза, это огромные фабричные трубы, которые гордо высятся над всеми остальными зданиями фабрики (рис. 21). Эти трубы — характерный признак современных больших фабричных и заводских установок (если они не работают, конечно, на электрической энергии, подаваемой со стороны): от надлежащего их устройства зависит нередко работа всего завода. Ведь они сообщаются с топками, а топка — источник, питающий энергией все заводские установки и приводящий в движение машины.

Для чего же делают такие высокие, дорогостоящие трубы? На этот вопрос нетрудно ответить, если вспомнить, что такое горение. Ведь горение есть энергично идущее химическое соединение горящего вещества с кислородом, при котором развивается большой жар. Кислород, нужный для горения, тратится из воздуха. Достаточно представить себе огромное количество топлива, ежедневно сжигаемое на большой фабрике или заводе, чтобы понять, сколько воздуха потребуется для его сжигания. Через заводскую топку должно пройти очень много воздуха, а это возможно только при хорошей тяге, т. е. при большой, высокой трубе.

Самые разнообразные виды топлива сжигаются в заводских топках. В одних горят дрова, в других древесный уголь, в третьих каменный уголь, торф, нефть, горючие

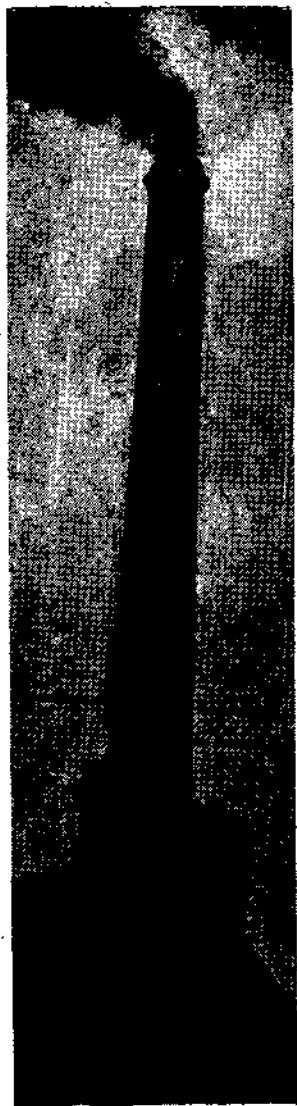


Рис. 21. ...„первое, что бросается в глаза, это огромные фабричные трубы...”

газы и так далее. И однако во всех этих сортах топлива, часто так непохожих друг на друга, есть все-таки кое-что общее. Это общее нетрудно разыскать. Что, например, остается от дров, если не дать им сгореть до конца?—Уголь.—А торф? Он тоже обугливается. А нефть? Вот уж, кажется, жидкость, с углем ничего общего не имеющая. Однако достаточно вспомнить, сколько густой копоти получается при горении нефти, и станет ясно, что в ней тоже есть уголь. Ведь всякая копоть есть не что иное, как очень мелкие частички угля. Коптить будет, например, светильный газ, если прекратить доступ воздуха в горелку. Значит, в состав всех наших наиболее распространенных сортов топлива входит уголь, и поэтому будет интересно узнать, что за вещество получается при горении угля.

Можно подумать, что для ответа на этот вопрос достаточно собрать и исследовать тот дым или газы, которые уходят в трубу. Нет, это будет не так-то просто. Ведь в топке редко сжигается чистый уголь, он всегда содержит различные примеси, а в большинстве случаев даже химически соединен с другими веществами, часть продуктов горения которых тоже уходит в трубу. А кроме того, в трубу уходит дым, т. е. захваченные газами частички твердых веществ—зола, несгоревшего угля и т. п. Значит, в газах и дыме, уходящих в трубу, содержится смесь многих разных веществ, и сразу разобраться в том, какие из

них получились от сгорания угля, а какие—нет, будет затруднительно. В науке для получения ответа на вопросы

вроде нашего применяются другие приемы. Для этого делают разные пробы, так называемые опыты, причем стараются все лишнее, усложняющее дело, из опыта устранить. Что это значит, будет понятно из разбора такого примера.

Мы хотим узнать, что за вещество получается от сгорания угля. Что нам для этого лучше сжигать — дрова, нефть или уголь? Ну, конечно, уголь, и притом возможно более чистый, чтобы не мешали примеси других веществ. В чем его лучше сжигать — в воздухе или в кислороде? Опять-таки, конечно, лучше в кислороде, так как в воз-

духе есть и другие вещества, кроме кислорода. Так и делают, т. е. сжигают чистый уголь в чистом кислороде, в котором он горит, между прочим, гораздо ярче и сильнее, чем в воздухе. После сгорания угля в сосуде с кислородом уголь как будто бы исчезнет, а в сосуде останется вещество, по виду ничем не отличающееся ни от воздуха, ни от

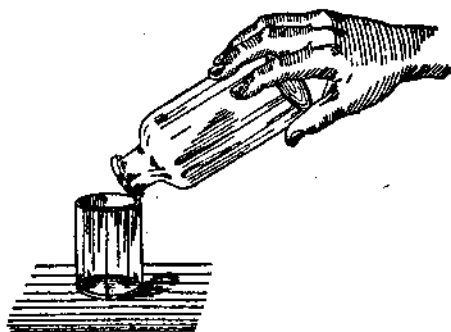


Рис. 22. Переливание углекислого газа.

кислорода. Но это только так кажется. Горящая лучинка в этом веществе тухнет, будто ее в воду опустили, вещество это даже можно, как воду, переливать из сосуда в сосуд (рис. 22). Этот тяжелый газ называется углекислым газом. Он представляет химическое соединение угля и кислорода, причем узнали, что на каждые 12 граммов угля в нем приходится 32 грамма кислорода. Это — тот самый газ, пузырьки которого пенят хороший квас, лимонад, пиво...

Вот тебе и раз, — скажет читатель, — откуда же в квасе, пиве или лимонаде возьмется углекислый газ, ведь угля-то в этих напитках и не было никогда.

Так ли это? Ведь квас и пиво готовятся с помощью солода. А если поставить солод на сильный жар — он обуглится, значит, уголь в нем есть. Вот этот-то уголь частью и соединился с кислородом при брожении, образовав углекислый газ. Кислород этот тоже входил в состав солода.

Правда, горения при этом с пламенем никакого не было, но оно вовсе не всегда и бывает, когда какое-нибудь вещество соединяется с кислородом. Ржавление, например, есть тоже соединение с кислородом железа, а когда железо ржавеет, никакого горения с пламенем нет.



Рис. 23. Шахтная печь для обжига известняка.

Ну, а лимонад? Лимонад насыщают углекислым газом искусственно, получают же последний особым способом из топочных газов или, например, из известняка. Да, как это на первый взгляд ни странно, — из известняка. Если известняк накаливать на сильном жару, то из него уходит углекислый газ, а остается негашеная известь.

Для этого известняк вместе с коксом загружают в особую шахтную печь (рис. 23), и кокс зажигают. От получающегося при этом жара известняк разлагается, причем из

него получают два новых вещества: 1) углекислый газ, который уходит через дымовой ход или отсасывается через особую трубу, и 2) негашеная известь, остающаяся в печи.

Полученный этим, а иногда и другими способами углекислый газ находит широкое применение в технике. Кроме упомянутого выше газирования напитков, он употребляется для производства соды, свинцовых белил, в сахарном производстве и многих других. При сильном сжатии углекислый газ легко обращается в жидкость, которую хранят в прочных стальных баллонах. При испарении жидкой углекислоты получается настолько большое охлаждение, что часть ее превращается при этом в твердую, похожую на снег,



Рис. 24. Блоки сухого льда.

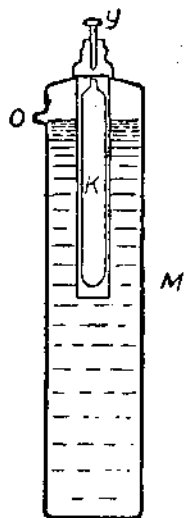


Рис. 25. Огнетушитель (в разрезе).

массу. Сильно сдавливая, ее прессуют и получают таким образом блоки так называемого сухого льда (рис. 24). Применяется сухой лед для холодильных целей. При испарении он целиком превращается в сухой углекислый газ, который совершенно безвреден для продуктов, не имеет запаха и даже служит защитой против пожара, ибо тушит огонь, как вода.

На этом же свойстве — не поддерживать горения — основано и применение углекислого газа в огнетушителях. Один из распространенных типов таких аппаратов состоит из металлического сосуда М (рис. 25), наполненного смесью раствора соды с каким-нибудь веществом, легко образующим пену (с казеином, жидким клеем, лакрицей и т. п.).

Кроме того, внутри сосуда в корзине находится стеклянная колба *К* с кислотой. При сильном ударе ударник *У* разбивает колбу, и кислота попадает в раствор. Благодаря ее взаимодействию с содой образуется углекислый газ, который выдавливает пену, и струя газа и пены с силой вырывается из аппарата через отверстие *О*.

Вследствие обволакивания этой струей горящего вещества к нему прекращается доступ воздуха, и пламя гаснет.

Обыкновенный огнетушитель дает несколько десятков литров газа и пены.

Откуда же берется здесь все-таки углекислый газ?

Он выделяется из соды под действием кислоты. Углекислый газ можно получить и действуя кислотой на известняк. Известняк от кислоты шипит, как бы закипает, и из него выделяется углекислый газ.

Но ведь это же значит, что в известняке есть уголь?

Да, и в этом можно убедиться, проделав следующий опыт.

Рис. 26. Добывание углекислого газа.

Насыпают в бутылку куски известняка (рис. 26), обливают их соляной кислотой и выделяющийся после этого углекислый газ собирают в пустую банку. Потом берут тонкую полоску особого металла магния (который горит на воздухе с ослепительно ярким светом и употребляется, например, в фотографии для съемки при недостаточном освещении или ночью), зажигают ее и опускают в банку. Магний продолжает гореть и в банке, причем на ее стенках осаждаются мелкие частички угля. Откуда же он взялся? Зная, что такое горение, нам нетрудно будет в этом разобраться.

Когда металл магний горит на воздухе, то получается белый порошок — магнезия. Этот порошок — соединение магния с кислородом. При горении магния в углекислом газе получается опять-таки магнезия. Но ведь свободного кислорода в банке не было, откуда же он мог взяться для образования магнезии? Больше неоткуда, как только из углекислого газа. Значит, кислород углекислого газа

соединился с магнием, а бывший в углекислом газе уголь выделился в свободном виде и осел на стенках.

Но не только в известняке и соде есть уголь. Есть он также, например, в меле, мраморе и даже... в алмазе. Да, в драгоценном, играющем всеми цветами радуги алмазе!

Вам приходилось, конечно, видеть, как увеличительным стеклом зажигают на солнце папиросу. Так вот еще 230 лет назад некоторые ученые в Италии показали, что с помощью большого увеличительного стекла можно сжечь на солнце алмаз; он исчезает при этом без всякого следа. Во-

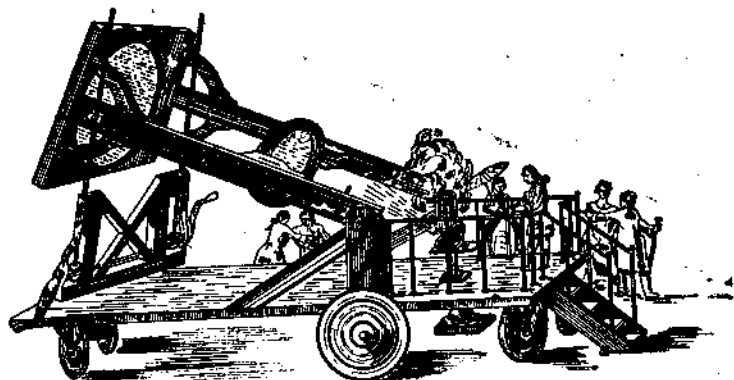


Рис. 27. Опыт Лавуазье со сжиганием алмаза.

семьдесят лет спустя опытами над сжиганием алмаза занялся известный уже нам французский ученый Лавуазье (рис. 27). Он доказал, что при сгорании алмаза получается только углекислый газ и ничего больше. Оказалось, что при этом получается по весу ровно столько же углекислого газа, сколько его получается при сжигании кусочка угля такого же веса, сколько весил алмаз. Значит, алмаз состоит из того же самого вещества, что и чистый уголь. Драгоценный, блестящий, прозрачный, твердый камень алмаз и черный, хрупкий и невзрачный уголь состоят из одного и того же вещества. Из него же, оказывается, состоит и чистый графит, тот самый, который употребляется для выделки карандашей.

Вещество, из которого состоят уголь, графит и алмаз, называется углеродом. Уголь, графит и алмаз, значит, только различные виды одного и того же вещества — углерода. А следовательно, раньше мы не совсем правильно

выражались, говоря, например, что в известняке есть уголь. В известняке, а также в соде, в углекислом газе и т. п. никакого угля собственно нет, а есть углерод.

8. Химическая энергия

Мы видим, какое большое распространение имеет углерод, то вещество, которое сгорает в наших заводских топках. В дальнейшем мы еще будем говорить об этом веществе и узнаем, какое важное значение имеет оно и для жизни. Пока же вернемся опять к топкам.

Не на всех заводах сжигают только природное топливо — дрова, уголь, нефть... На некоторых заводах такое топливо превращают сначала в искусственное топливо, а потом уже сжигают это последнее. Рассмотрим для примера один из сортов такого топлива — водяной газ. Он применяется на металлургических и стекольных заводах, для отопления помещений и пр. Вот как его добывают.

В так называемую генераторную печь накладывают кокс и разжигают его при продувании горячего воздуха. Когда кокс хорошо разгорится, то останавливают продувание воздуха и вместо воздуха пускают в печь водяной пар. Что же при этом происходит?

Чтобы это понять, вспомним, что вода представляет собой химическое соединение кислорода и водорода. А кокс? Кокс получается прокаливанием каменного угля почти без доступа воздуха и содержит, значит, углерод.

При прохождении через раскаленный кокс водяной пар разлагается на кислород и водород. Кислород при этом химически соединяется с углеродом кокса, отчего получается... углекислый газ, скажете вы.

Нет. Полученного из воды кислорода здесь оказывается слишком мало для того, чтобы в печи образовался углекислый газ.

Приходилось ли вам наблюдать синие огоньки, которые бегают над углями, если закрыть печку слишком рано, когда угли еще хорошо не прогорели? Наверное приходилось. А что бывает в комнате в таких случаях? Угар. Если закрыть печку слишком рано, то тяги воздуха в ней нет, а угли все еще продолжают гореть. Для того чтобы они сгорели и превратились в углекислый газ, кислорода нехватает, здесь получается другое соединение углерода с кислородом — окись углерода, или угарный газ.

Чем отличается окись углерода от углекислого газа? Тем, что в ней на одно и то же весовое количество углерода приходится кислорода ровно в два раза меньше, чем в углекислом газе. В углекислом газе на каждые 12 граммов углерода приходится 32 грамма кислорода, а в окиси углерода только 16. Здесь мы опять встретились со случаем, когда два вещества, соединяясь в разных количественных отношениях, дают разные химические соединения (первый такой случай, как припомнит читатель, мы видели у серы и кислорода).

Окись углерода — очень опасный газ, ибо от него-то именно и бывает угар. Если на 1 литр воздуха содержится всего 6 тысячных грамма окиси углерода, то вдыхание такого воздуха в течение 12 минут смертельно для человека. Если окиси углерода содержится больше, то такой воздух убивает почти моментально. Надо еще знать, что чистая окись углерода не имеет ни цвета, ни запаха, а потому присутствие этого газа в воздухе легко и вовсе не заметить. Поэтому-то нужно быть очень осторожным при топке печей и не закрывать трубы слишком рано. Нельзя также, например, заводить мотор автомобиля в закрытом гараже, так как выхлопные газы содержат окись углерода.

Вернемся теперь к водяному газу. При пропускании через раскаленный кокс водяного пара последний разлагается, а получившийся от этого кислород образует с углеродом окись углерода. Мы можем записать это так:

водяной пар дает водород + кислород
кислород + углерод дают окись углерода.

Из печи, значит, выходит окись углерода, смешанная с водородом. Эта-то смесь и называется водяным газом.

Что будет, если эту смесь зажечь в присутствии воздуха? На этот вопрос вы теперь легко сумеете ответить сами. Составляющие смесь вещества, водород и окись углерода, будут гореть, т. е. соединяться с кислородом воздуха. От горения водорода получится вода (в виде пара), от горения окиси углерода — углекислый газ. Сокращенно мы можем записать это так:

водород + окись углерода + кислород
(водяной газ)
дают воду (пар) + углекислый газ.

Из водяного газа и кислорода воздуха получатся два других вещества — вода и углекислый газ. Все? — Нет, не

все. Ведь водяной газ — топливо, значит, при его сгорании получится теплота. Но теплота, конечно, уже не вещество, это что-то другое. Теплота приводит в движение наши машины, другими словами — способна совершать работу. Следовательно, теплота есть особый вид энергии. (Как вы знаете, есть и другие виды энергии, например, электрическая, которая тоже служит источником силы для наших машин.) Значит, при некоторых химических явлениях (например, при горении) освобождается энергия. Попробуем разобраться, откуда же она берется.

На нашем примере мы видели, что при сильном жаре (от раскаленного кокса) водяной пар разлагается на кислород и водород. Значит, для этого разложения теплота затрачивается, она как бы поглощается кислородом и водородом и остается в них до поры до времени в скрытом виде. Запишем это так:

вода дает кислород + водород — теплота.

Знаком минус (—) мы обозначаем именно, что теплота при этом затрачивается.

Когда водород горит, т. е. соединяется с кислородом и образует при этом воду, то, как мы знаем, развивается такой сильный жар, при котором плавятся самые тугоплавкие металлы. Теплота при этом освобождается, что можно записать так:

кислород + водород дают воду + теплоту.

Точными измерениями установлено, что при соединении кислорода и водорода (когда образуется вода) освобождается ровно столько же теплоты, сколько ее нужно затратить на разложение такого же количества воды на кислород и водород.

То же самое наблюдается и в случае с углем. При горении угля теплота освобождается; для разложения получившихся продуктов горения (углекислого газа или окиси углерода) на составные части надо затратить теплоту. С некоторыми другими веществами бывает и обратное: при их соединении теплота затрачивается, при разложении — освобождается. К таким веществам относятся, например, все взрывчатые вещества.

Таким образом мы видим, что при химических превращениях веществ происходит и изменение связанной с ними энергии, освобождение ее или поглощение. Вещество тесно связано с энер-

гией (и обратно). В разобранным нами примере разложения воды теплота затратилась и превратилась в скрытую химическую энергию кислорода и водорода. При горении водорода, т. е. соединении его с кислородом, химическая энергия обоих освобождается и превращается в теплоту. Значит, сжигая топливо в заводских топках, мы заставляем составляющие его вещества соединяться с кислородом и освобождать при этом скрытую в них химическую энергию, которой мы и пользуемся для заводской или фабричной работы.

Итак, разобравшись в том, как происходит горение в заводских топках, мы можем сказать: главное вещество, которое в них сгорает, это углерод. При полном сгорании углерода через заводскую трубу уходит углекислый газ. Но только ли он? Нет ли в уходящих через трубу газах еще каких-нибудь других веществ?

Есть. Как бы хорошо, например, ни были высушены дрова, при их сгорании получается еще водяной пар. Водяной же пар получается также при горении нефти. Вспомним, как запотевают стекло керосиновой лампы, когда мы ее только что зажжем. Это на холодном стекле осажается получившийся от сгорания керосина водяной пар, а керосин ведь готовится из нефти. Какое мы отсюда можем сделать заключение? Вспомнив, что вода получается от горения водорода, мы скажем, что в состав дров и нефти входит также водород, химически соединенный там с другими веществами.

В разных сортах топлива можно найти еще и другие вещества. Когда, например, каменный уголь подвергают на газовом заводе сухой перегонке, т. е. нагреванию в закрытом помещении без доступа воздуха, то среди других продуктов перегонки из него получается еще и газ аммиак. Это тот самый газ, которым пахнет нашатырный спирт¹. По исследованиям химиков, аммиак представляет собой химическое соединение водорода и азота. Значит, в состав каменного угля входит также азот.

Таким образом, исследуя продукты горения, можно судить о составе сгоревшего вещества. Этот прием химики особенно часто применяют для определения химического состава соединений углерода.

Выходящие в заводскую трубу газы показывают, какие вещества горят в заводской топке, другими словами — из

¹ Нашатырный спирт и есть раствор газа аммиака в воде.

каких веществ, химически соединенных друг с другом, построено то топливо, которое в ней сжигается. Но в топке, кроме того, остаются еще некоторые вещества, известные каждому под именем золы. Эти вещества тоже входили в состав топлива (в виде других химических соединений). Одной из главных составных частей золы является калий, химически соединенный с кислородом и углеродом (в свободном виде калий представляет собой мягкий, очень неустойчивый на воздухе металл). Если золу промыть водой и отцедить, то это соединение калия растворяется в воде и получается щелок. Благодаря этому соединению зола является также хорошим калийным удобрением, которое особенно полезно вносить под корнеплоды, вытягивающие из земли много калия.

Итак, значит, в заводских топках горят углерод, водород и некоторые другие вещества. Эти вещества, по-разному соединенные друг с другом, входили в состав того или иного сорта топлива. При сгорании соединения этих веществ распадаются, некоторые составные их части соединяются с кислородом воздуха, и при этом освобождается скрытая в них химическая энергия, превращающаяся в теплоту. И вот эта-то химическая энергия дает ту силу, которая приводит в движение наши заводские и фабричные машины в тех случаях, когда с этой целью на заводах и фабриках сжигается топливо.

Познакомившись с тем, что собственно горит в заводских топках, перейдем теперь к вопросу о том, не происходит ли чего-нибудь похожего на горение в нас самих.

9. Что такое дыхание

Когда в конце позапрошлого столетия Лавуазье исследовал состав воздуха и явления горения, он занялся также и исследованием вопроса о дыхании. Он доказал, что вдыхаемый нами воздух имеет другой состав, чем выдыхаемый, что в последнем гораздо больше углекислого газа, чем в первом. По его исследованиям во вдыхаемом воздухе на каждые 10 000 его частей было кислорода приблизительно 2 000 частей, а углекислого газа всего 3 части (остальное приходится, главным образом, на азот); в выдыхаемом же воздухе на те же 10 000 частей было кислорода уже только 1 600 частей (т. е. содержание его в воздухе убавилось на пятую часть), а углекислого газа 438 частей, т. е. почти в 140 раз больше, чем раньше. Это показывает, что часть кислорода вдыхаемого воздуха в нашем теле

тратится, а взамен его образуется углекислый газ, который и выделяется нами при выдыхании.

Таковы были результаты, к которым пришел Лавуазье. Эти результаты оказались совершенно правильными, и при желании мы легко можем проверить их на опыте.

Если взять порошок негашеной извести, хорошенько разболтать его с водой, дать затем мути отстояться и осторожно слить сверху прозрачную жидкость, то получится так называемая известковая вода, т. е. вода, в которой растворено немного извести. Когда в такую воду пропускают углекислый газ (откуда бы он ни получился), то в ней образуется белая муть, которая постепенно оседает на дно. По своему составу эта муть похожа на известняк или мел. Если через известковую воду пропускать какой-нибудь другой газ, например кислород, водород, азот, то никакой мути не получится. Таким образом известковая вода представляет собой хорошее средство для распознавания углекислого газа, она является, как говорят химики, реактивом на углекислый газ.

Известковая вода поможет нам наглядно увидеть разницу между вдыхаемым и выдыхаемым воздухом. На рисунке 28 изображена закрытая пробкой с двумя трубками бутылка, в которую налита известковая вода. Если с помощью трубок протягивать через эту воду обыкновенный воздух, то нужно ждать довольно долго, пока появятся хоть следы мути: в обыкновенном воздухе углекислого газа мало. Но стоит взять в рот правую трубку А и продуть через нее выдыхаемый воздух, как муть сейчас же появится. (Можно и просто продуть выдыхаемый воздух через трубочку сквозь известковую воду).

Углекислый газ представляет собой соединение кислорода и углерода, а раз он образуется в нашем теле из кислорода воздуха, то, значит, в нашем теле есть углерод. Это, впрочем, можно видеть и из того факта, что при сильном жаре тело всякого живого существа обугливается (например, тело человека, ставшего жертвой пожара). Таким образом в нашем теле в конечном счете углерод соединяется с кислородом, образуя углекислый газ.

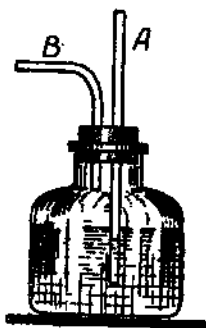


Рис. 28. Прибор для доказательства содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

Но ведь мы дышим-то не чистым кислородом, а воздухом, главной составной частью которого (по количеству) является азот. Что же, азот тоже нужен для дыхания, он тоже соединяется с каким-нибудь веществом нашего тела?

Оказывается, нет. Азот, каким входит в наши легкие при вдыхании, таким же и выходит обратно при выдыхании, и сколько его входит, столько же и выходит. Он только как бы разбавляет нужный для дыхания кислород; как вода, например, разбавляет уксусную кислоту в уксусе, сам же по себе для дыхания не нужен. Один из помощников Лавуазье пробовал даже делать такой опыт: он брал чистый водород и добавлял туда столько кислорода, что получал смесь, похожую на воздух, с той только разницей, что азот в нем был заменен водородом. Этой смесью он пробовал дышать. И что же? Оказалось, что ею можно дышать так же свободно, как и воздухом.

При горении обычного топлива (дров, каменного угля, нефти), кроме углекислого газа, получается еще и вода, происходящая от соединения водорода горящего вещества с кислородом воздуха. Наблюдается ли что-нибудь подобное при дыхании?

Вспомните, что получается, если подышать на холодное оконное стекло, или какие клубы пара вырываются из ноздрей, когда человек дышит на морозном воздухе! Значит, и при дыхании получается вода, значит, и в состав нашего тела входит также водород...

Так-то так, — может сказать читатель, — почему же при горении развивается сильный жар, получается теплота, а при дыхании этого нет?

Неправильно! В нашем теле при дыхании тоже развивается теплота. Какой бы мороз ни был на улице, температура нашего тела все же остается равной, примерно, тридцати шести с половиной градусам. Для поддержания этой температуры нужна теплота, которая и получается при соединении веществ нашего тела с кислородом. Правда, при горении топлива развивается очень сильный жар и видно пламя, чего, конечно, нет при дыхании.

Подобным же образом (т. е. поглощая из воздуха кислород и выделяя углекислый газ) дышат и все животные, как живущие на суше, так и водные. Последние при этом используют тот кислород, который всегда бывает растворен в природной воде. В прокипяченной воде, из которой удалены растворенные в ней раньше газы, водные животные дышать не могут и поэтому в конце-концов погибают.

Итак, при дыхании, как и при горении, например, дров, выделяются углекислый газ и водяные пары. Выходит как будто бы, что между дыханием и горением есть большое сходство. А так как в связи с дыханием, как только что было сказано, в организме развивается и теплота, то совсем еще недавно (15—20 лет тому назад) ученые думали, будто в нашем организме происходит просто нечто вроде медленного горения: углерод и водород тканей нашего организма окисляются кислородом вдыхаемого воздуха, и за счет этого процесса организм получает свою энергию.

Однако исследования показали, что в действительности дело обстоит далеко не так просто. Теперь узнали, что в организме в связи с дыханием происходят значительно более сложные процессы, в которых кислород играет другую роль, чем при горении топлива.

В нашу задачу не входит подробный разбор этих процессов. Скажем только, что дыхание по существу является обменом газов между клетками живого организма и внешней средой (воздухом, водой), в которой они живут. Из внешней среды в организм поступает кислород, необходимый для жизнедеятельности клеток, а из организма выделяются углекислый газ и вода, как продукты отброса. Эти продукты образуются (наряду с другими) при разложении некоторых сложных веществ организма, причем выделяется и запасенная в последних химическая энергия, являющаяся источником энергии организма. Поглощенный же при дыхании кислород, химически взаимодействуя с теми менее сложными продуктами разложения, которые остались в организме, вновь образует исходные сложные вещества и тем самым снова «заряжает» организм энергией.

Таким образом, в живом организме при дыхании происходят совершенно своеобразные процессы, которые не наблюдаются в неживой природе. Но само собой разумеется, что и эти процессы происходят по определенным физико-химическим законам.

Теперь зададимся следующим вопросом.

Мы узнали, что животные при дыхании постоянно поглощают из воздуха кислород. Огромные количества кислорода тратятся также при процессах горения и окисления в природе и технике. Не истощится ли вследствие этого свободный кислород на Земле? Не наступит ли время, когда весь кислород в воздухе заменится углекислым газом и все животные задохнутся без кислорода? И почему это-

го не случилось до сих пор, если жизнь, как доказывает наука, существует на Земле уже многие миллионы лет?

Не случилось этого потому, что на Земле с самых давних времен наряду с животными существуют и зеленые растения, которые поглощают из воздуха углекислый газ и взамен него выделяют свободный кислород и тем самым постоянно очищают воздух.

10. Растение и углекислый газ

Тот зеленый ковер растительности, который в разных местах одевает нашу землю, является как бы огромной природной лабораторией, вырабатывающей чистый кислород. Недаром так привольно дышится в зеленом лесу, недаром так приятно прогуляться по зеленому лугу после утомительной дневной работы в душном помещении. Наши легкие здесь проветриваются от испорченного воздуха и освежаются живительным кислородом, доставляемым растением.

Подтвердить это можно опытами, которые сможет при желании проверить каждый.

Для опыта лучше всего взять водяное растение. Но есть ли в воде углекислый газ? Да, есть. Убедиться в этом поможет знакомое уже нам средство — известковая вода. Если взять воду из речки, из пруда, из озера и прибавить к ней известковой воды, то сейчас же получится белая муть, происходящая от химического взаимодействия известки с углекислым газом. Если же взятую из пруда или речки воду предварительно хорошенько прокипятить, а еще лучше перегнать, то муты уже не получится, так как углекислый газ при кипячении или перегонке из воды улетучится. В чистой воде углекислого газа нет, в воде же природной — речной, озерной и другой — он почти всегда есть. Ведь в такой воде растворено немного воздуха, в котором есть, хоть и в незначительном количестве, углекислый газ; в воде растворяется также углекислый газ, получающийся при дыхании водяных животных; может он попасть туда и другими путями.

Для нашего опыта лучше всего даже заранее приготовить воду, насыщенную углекислым газом. Для этого нужно только добыть из известняка, мела или мрамора с помощью соляной кислоты углекислый газ и пропускать его некоторое время через воду.

Итак, наполним водой, содержащей в растворе углекислый газ, стеклянный стакан и положим туда какие-нибудь водяные растения.

Вместо них можно нарвать побольше зеленых листьев с дерева, только класть их в воду надо еще свежими, пока не успели завянуть. Растения прикроем воронкой, а на воронку наденем пробирку, наполненную той же водой, и выставим все это на свет. Через некоторое время мы увидим, что листья с нижней стороны покроются серебристым слоем пузырьком какого-то газа. Если оставить наш прибор стоять подольше, то в верхней части пробирки газа наберется довольно много, причем часть воды из нее будет вытеснена в стакан (рис. 29). Если исследовать этот газ тлеющей лучинкой, то окажется, что она в нем ярко вспыхивает и загорается. Растение выделило кислород.

Попробуем теперь сделать тот же опыт, но взять не содержащую углекислый газ воду, а воду прокипяченную. Сколько бы ни стоял наш прибор, кислорода в этом случае не получится. Значит, в растении кислород вырабатывается именно из углекислого газа, а не из чего другого.

При горении угля и образовании из него углекислого газа выделяется теплота, т. е. химическая энергия угля превращается в теплоту. При разложении углекислого газа на углерод и кислород, как мы уже говорили, надо, наоборот, затратить энергию. Откуда же берет нужную для этого энергию растение?

Только что было сказано, что в нашем опыте растение надо выставить на свет. Если сделать все совершенно так же, как было описано, но оставить затем прибор стоять в темноте, то опять-таки никакого кислорода растение не выделит. Вот, значит, где нужно искать источник энергии, которым пользуется растение для разложения углекислого газа. Солнце — тот мощный двигатель, который заставляет работать скрытые внутри растения аппараты, разлагающие в конечном счете углекислый газ на углерод и кислород.

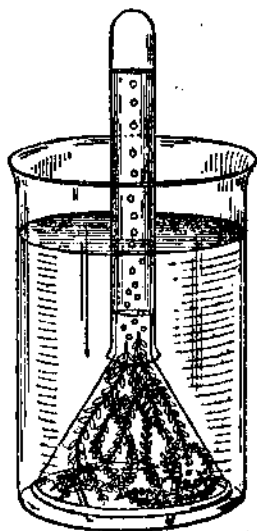


Рис. 29. Разложение углекислого газа растением.

Один ученый для доказательства того, что растение выделяет кислород, делал такие опыты. Он сажал под стеклянный колпак мышь. Первое время мышь бегала под колпаком, как ни в чем не бывало, но потом постепенно движения ее становились все более и более вялыми, и в конце-концов она умирала. Умирала оттого, что кислород из воздуха под колпаком тратился на ее дыхание, в воздухе под колпаком все увеличивалось содержание углекислого газа, выделявшегося при дыхании мыши, а притока свежего воздуха не было: мышь задыхалась. Но вот ученый, посадив под колпак мышь, поставил туда же зеленое растение и выставил их на свет. Мышь долгое время бегала под колпаком и не показывала никаких признаков удушья. Углекислый газ, который выделялся при ее дыхании, поглощался растением, и последнее взамен него выделяло кислород, который снова шел для дыхания мыши.

Этот маленький опыт дает нам наглядную картину того, что в большом масштабе происходит в природе: все животные своим дыханием «портят» воздух, поглощая из него кислород и выделяя углекислый газ. То же самое делает каждая фабрично-заводская топка, каждая печка в нашем жилище, каждая зажженная свечка и спичка. Если бы не было зеленого растения, то постепенно кислород истратился бы из воздуха, связался химически с другими веществами и животным нечем было бы дышать. Но дело поправляет растение. Оно поглощает углекислый газ из воздуха, с помощью солнечных лучей разлагает его и выделяет свободный кислород.

В больших городах, где много людей, фабрик, заводов и мало зелени, летом воздух тяжелый и душный, и только растения могут очистить и освежить городской воздух. Поэтому надо стараться на каждом свободном клочке земли в городе развести зелень и еще более надо стараться всеми силами оберегать зелень, уже имеющуюся. Каждый горожанин, портящий древесные насаждения в парках и на бульварах и топчущий там траву, совершает тяжкое преступление против здоровья своих сограждан: он уничтожает ту природную химическую «фабрику» кислорода, которая очищает испорченный городской воздух и доставляет засоренным легким горожан столь необходимый им живительный газ. Недаром мы стараемся теперь возможно более расширять зеленые насаждения наших городов.

Из всего здесь сказанного читатель может, пожалуй, вывести заключение: растения дышат не так, как живот-

ные. В то время как животные при дыхании поглощают кислород и выделяют углекислый газ, у растения дело идет наоборот: они при дыхании поглощают углекислый газ и выделяют кислород.

Такое заключение будет неправильным. Растения дышат так же, как и животные, т. е. поглощая при этом кислород и выделяя углекислый газ. Это доказано исследованиями над дыханием растений в темноте, над дыханием прорастающих семян и т. п. На свету же наряду с дыханием идет у растений и процесс питания. Зеленое растение питается углекислым газом из воздуха, забирая из него углерод, который идет на построение веществ, составляющих тело растения. Этот процесс питания идет у растения гораздо энергичнее, чем процесс дыхания, а потому оно на свету выделяет гораздо больше кислорода, чем тратит его для дыхания.

И этот процесс идет только в зеленых частях растения. Зеленый лист — вот то место, где очищается загрязненный углекислым газом воздух и в то же время освобождается нужный для питания растения углерод.

Вот как тесно связаны между собой в природе животные и растения. Французский ученый Готье подсчитал, что от дыхания животных и других процессов в воздух поступает ежегодно до пяти миллиардов тонн углекислого газа. Цифра огромная! Однако все это количество поглощается зелеными растениями, идя на их питание. Кислород здесь служит как бы поставщиком углерода для растений: он забирает углерод у животных и доставляет его растениям.

Не может ли человеческое общество искусственно вмешаться в этот круговорот углерода? Не может ли оно и здесь активно подчинить природу своим нуждам?

Да, может.

Как уже было упомянуто выше, в воздухе на каждые 10 000 частей содержится 3 части углекислого газа. Однако не так давно произведенными опытами было установлено, что лучше всего зеленые растения растут при содержании около 800 частей углекислого газа на 10 000 частей воздуха. При таких условиях в несколько раз увеличивается вес растений, и они приносят больший урожай. Например, в оранжерее с таким воздухом урожай помидоров повысился почти в три раза, огурцов — в два раза и т. д.

Но насыщать воздух углекислым газом можно не только в оранжереях, а и на открытом месте. Ведь углекислый газ — газ тяжелый и, будучи выпущен у поверхности земли,

он довольно продолжительное время стелется понизу. За это время листья растений успевают поглотить его. Такие опыты были произведены с посевами картофеля, ячменя и шпината. И при этом урожайность картофеля повысилась в три раза, а ячменя и шпината более чем в два раза.

Таким образом было найдено новое искусственное удобрение — газовое. Но где же найти источники такого удобрения, которые давали бы достаточное количество углекислого газа?



Рис. 3). Домны.

Вы наверное знаете, что из железных руд в особых печах, называемых домнами (рис. 30), выплавляют чугун. Руда при этом смешивается с коксом и некоторыми другими веществами и разжигается при продувании горячего воздуха. Кокс горит, причем образуется много окиси углерода, которая отнимает у руды кислород, превращаясь при этом в углекислый газ. Благодаря этому в домне образуется много углекислого газа. Вот эти доменные газы после очистки и могут быть использованы в качестве газового удобрения. Какое огромное количество углекислого газа

выделяют, например, одни только наши грандиозные магнитогорские домы!

Кое-где за границей доменные газы уже применяют для нужд сельского хозяйства. Для этого их сначала очищают, а потом по подземным цементным трубам направляют в поле. Те газы, которые раньше бесполезно рассеивались в воздухе, теперь будут с огромной выгодой использованы для производства сельскохозяйственных продуктов.

На этом примере ярко видно, насколько тесно связаны между собой наука и техника. Со свойствами различных веществ люди знакомились в процессе своей производственной практики. На этой основе выросла наука. Но наука, в свою очередь, взаимодействует с техникой, оплодотворяет ее, указывает ей новые пути развития и дает для этого новые средства. Человеческое общество, все лучше и лучше познавая природу, вместе с тем изменяет ее и подчиняет своим нуждам.

Продолжим теперь наше знакомство с различными веществами.

11. Удобрения из воздуха

Заинтересовавшись получением кислоты из камня—серного колчедана,—мы узнали, между прочим, что в воздухе есть два вещества: кислород и азот. Мы видели, какое важное значение имеет кислород. Без него не могло бы быть в воздухе никакого горения. Ну, а азот? Есть ли от него какая-нибудь польза в промышленности? Имеет ли он какое-нибудь значение для нашей жизни?—Об этом мы сейчас и поговорим.

Далеко от нас, в Южной Америке, есть небольшое государство Чили. В этом государстве имеются пустыни, где целыми годами не бывает дождя. Немудрено, что долгое время в этих пустынях никто не селился, так как кормиться там нечем и посеять ничего нельзя. Примерно с середины прошлого столетия там поселилось много рабочих, которые с каждым годом все дальше и дальше врезаются в недра этих пустынь. Они добывают там золото, серебро, медь, буру, каменную соль, цинк, свинец. Но больше всего разрабатываются там огромные залежи селитры, которые слоями, достигающими до 3 метров толщины, тянутся почти на 15 километров в ширину и до 850 километров в длину. Несколько десятков больших фабрик очищают эту селитру и рассылают ее чуть ли не по всему свету. Куда же она идет и для чего нужна?

Идет селитра на приготовление азотной кислоты, различных взрывчатых веществ, красок, а главное, — на удобрение земли. Селитра — прекрасное удобрение, и применение ее во много раз повышает урожай хлебов. Не так давно обрабатываемым землям в густо населенных частях Европы без селитры грозило бы истощение, а человечеству — опасность голодной смерти. Как много селитры шло на удобрение, видно хотя бы из того, что еще в 1929 г. ее было вывезено из Чили свыше трех миллионов тонн, из которых больше 2 миллионов тонн пошло на удобрение.

Еще до мировой войны ученые высчитали, что как ни огромны залежи селитры в Чили, они все же в не очень отдаленном будущем должны истощиться. А это значило бы, что тогда земледелие культурных стран из-за недостатка этого удобрения пришло бы в упадок и они остались бы без хлеба. К этому прибавилось и другое важное соображение.

Все империалистические государства, как и теперь, усиленно готовились тогда к войне. А ведь селитра была нужна и для изготовления взрывчатых веществ! И вот перед многими из этих государств, особенно перед Германией, встал вопрос, а что если во время войны будет отрезан подвоз чилийской селитры?

Таким образом потребности производства и войны властно поставили перед наукой и техникой задачу: найти дешевую и доступную замену для чилийской селитры. Наука и техника блестяще разрешили эту задачу. Они добились того, что вместо чилийских пустынь селитру начал давать... воздух!

Читатель, конечно, в недоумении. Как это можно твердые, белые, слегка влажные наощупь кристаллы селитры получить из газообразного вещества — воздуха, ничуть не похожего на селитру? Что общего между воздухом и селитрой?

За ответом обратимся к химии, науке о превращении вещества. С ее помощью можно найти кое-что общее и между такими непохожими друг на друга веществами, как селитра и воздух.

Раньше уже было рассказано, как при нагревании красного порошка, получившегося из ртути, Лавуазье добывал чистый кислород. Таким путем (и многими другими) можно получить этот газ в чистом виде. В чистом виде можно получить и другой газ, содержащийся в воздухе, — азот. Ни по виду, ни по запаху он тоже ничем не будет

отличаться от воздуха; так же, как кислород, азот бесцветен, прозрачен и не имеет никакого запаха.

Что будет, если смешать чистый кислород с чистым азотом? Можно смешивать их как угодно, смесь будет похожа на воздух и не будет иметь запаха. Но попробуем пропустить через такую смесь с помощью особого электрического прибора электрические искры. Смесь начнет буреть, чем дальше, тем больше, и начнут образовываться едкие бурые пары (окислов азота) с острым характерным запахом. Если эти пары пропустить в воду, то они растворятся в ней, химически соединятся с водой, и образуется... азотная кислота.

Если вместо воды эти пары пропустить в раствор каустической соды (едкого натра), которая употребляется при фабрикации мыла, или обыкновенной соды, а затем раствор выпарить, то останутся белые кристаллы... селитры. Таким путем удастся искусственно приготовить селитру, исходя из газов кислорода и азота.

И таким путем ее готовят теперь на специальных заводах в больших количествах прямо из воздуха, так как воздух ведь и есть смесь азота и кислорода. Идет она, главным образом, на удобрение, а значит, в этом случае землю косвенно удобряют... воздухом.

Мы уже знаем, что в воздухе много азота: он составляет четыре пятых воздуха. Значит, теперь бояться истощения залежей селитры в Чили нечего. Ведь воздух простирается над землей на большую высоту, на много десятков километров; высчитано, что достаточно переработать на удобрения то количество азота воздуха, которое есть всего над двумя гектарами земли, чтобы покрыть нужды в этом удобрении всех стран на целый год.

Но теперь уже не только описанным путем используют азот воздуха для приготовления удобрений. Из него научились делать и многие другие вещества, которые тоже хороши как азотные (т. е. содержащие азот) удобрения.

В 1913 году из всех примененных в земледелии азотных удобрений на долю чилийской селитры приходилось больше половины, на долю удобрений, полученных из воздуха, — меньше десятой части. Теперь же подавляющая часть применяемых азотных удобрений готовится уже из воздуха, в связи с чем добыча чилийской селитры сильно упала.

К сожалению, нам здесь не придется описать технические способы приготовления этих удобрений. Интересующиеся могут прочесть об этом в специальных книжках. А

сейчас нужно ответить на такой вопрос, который наверное уже давно пришел в голову внимательному читателю.

К чему все это? Если злакам (добавим, и другим растениям) нужен азот, так отчего же они не берут его прямо из воздуха, которого к их услугам сколько угодно?

На этот вопрос ответим примером. Для очищения керосина на заводах, изготавливающих последний, нужна крепкая серная кислота. Эта едкая жидкость легко растворяет в себе многие загрязняющие керосин примеси. Серная кислота, как мы знаем, представляет собой химическое соединение серы, кислорода и воды. Можно ли для очищения керосина вместо серной кислоты взять просто смесь серы, кислорода и воды? — Конечно, нет. Ведь если в бутылку налить до половины воды, бросить туда кусок серы, напустить сверху кислорода и закупорить все это пробкой, то никакой серной кислоты не получится. Будет просто лежать на дне кусок серы, а поверх воды останется кислород, — никакого керосина этим не очистишь. Ведь это смесь, в которой легко отличить каждое составляющее ее вещество, в которой сера осталась серой, вода — водой, а кислород — кислородом. А серная кислота — химическое соединение серы, кислорода, и воды, это — совсем другое вещество, ни на серу, ни на кислород, ни на воду не похожее.

Подобным образом обстоит дело и с азотом. Азот сам по себе в чистом виде для растения не пригоден, как не пригодна, например, сера в чистом виде для очищения керосина. Для того чтобы быть усвоенным растением, азот должен сначала химически соединиться с некоторыми другими веществами, из него должны получиться новые, не похожие на него вещества. Одним из таких веществ и является, например, селитра. Она представляет собой химическое соединение азота, кислорода и особого вещества, в свободном виде представляющего собой металл натрий. Воздух же есть просто смесь азота, кислорода и небольших количеств некоторых других газов.

Как же обстоит дело в природе? Ведь человеческое общество сравнительно недавно научилось переводить заводским путем азот воздуха в химические соединения и удобрять ими почву. А растения росли и до этого. Откуда же они брали азот?

Из почвы. А в почву он попадал вот откуда.

Каждое растение в конце-концов умирает. Оно падает на землю, перегнивает, и химические соединения азота, ко-

которые в нем были, уходят в почву. Под влиянием особых бактерий они там переходят в конце-концов в другие химические соединения вроде селитры, которые снова вытягиваются растущими на этой почве растениями. Если растение будет съедено животным, то азот растения переходит в животное, которое в конце-концов снова возвращает его земле в своих выделениях, а также после смерти, когда его тело разлагается в земле; этот азот опять вытягивается растениями, и так дело на Земле идет постоянно, пока существуют животные и растения: происходит круговорот азота между животными, растениями и почвой. Но это еще не все.

Есть растения, которые могут расти и на такой почве, в которой нет химических соединений азота. Таковы, например, бобы, горох, клевер, люцерна и другие так называемые бобовые растения. А между тем, азот в их теле, конечно, есть. Откуда же они его берут? — Из воздуха.

Ага,—подумает читатель,—значит, есть же растения, которые могут питаться прямо чистым азотом воздуха. И он ошибется, если так подумает.

Дело в том, что у бобовых растений есть не видимые простым глазом «помощники», которые готовят им из азота воздуха химические соединения. Эти помощники—мельчайшие живые существа, особые бактерии, которые живут в маленьких клубеньках на корнях бобовых (рис. 31). И бобовые питаются не чистым азотом, а приготовленными этими бактериями его химическими соединениями. Таким путем часть азота воздуха в природе связывается и переводится в почву, в растения и в животных. Есть еще и другой путь.

Когда вы любуетесь летней грозой, слышите мощные раскаты грома и наблюдаете сверкающие на небе молнии, вы вряд ли думаете при этом об азоте. А между тем в это время как раз происходит замечательное явление связывания азота воздуха. Ведь молния есть не что иное, как ги-

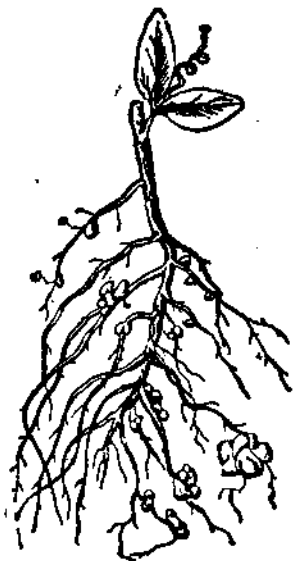


Рис. 31. Клубеньки на корнях бобовых растений.

гантская электрическая искра, проскакивающая между двумя тучами или между тучей и Землей. При этом она проходит через воздух, т. е. через смесь азота и кислорода. Под ее влиянием часть азота и кислорода вступает в химическое соединение, которое растворяется в каплях дождя и попадает вместе с ним в почву, чтобы принять там участие в круговороте азота.

Происходит, однако, в природе и обратное явление: освобождение чистого азота из его химических соединений. В почве встречаются особого рода бактерии, которые разлагают химические соединения азота, причем азот из них

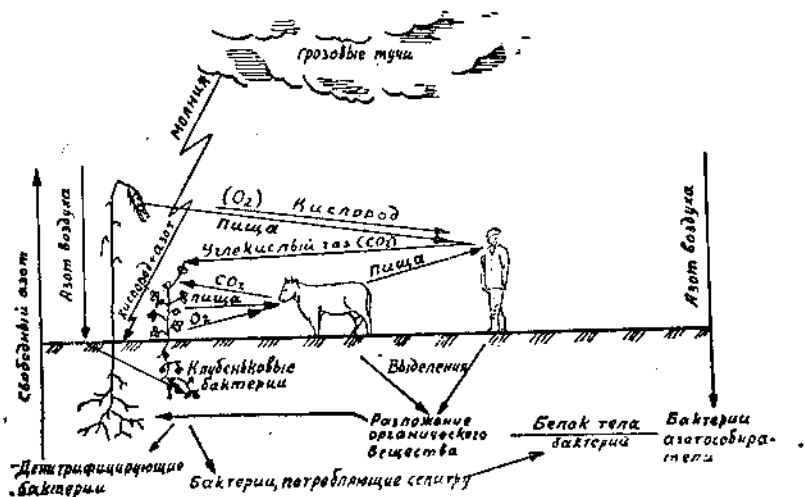


Рис. 32. Круговорот азота в природе.

улетучивается в воздух. То же самое частично происходит и при разложении умерших животных и растений.

Сотни тысяч лет люди не имели никакого представления о том великом круговороте азота в природе (рис. 32), в котором принимали участие и они сами. Всего лишь около ста лет тому назад ученым стала более или менее ясна картина этого круговорота. Но, совершенствуя технику и все лучше и лучше познавая природу, человеческое общество полнее овладевает ею и подчиняет ее своим интересам. На определенной ступени развития техники человеческого общества природный круговорот азота уже не смог удовлетворить производственных нужд человечества. Люди властно вмешались в него и своими заводскими спо-

собами связывания азота намного увеличили массы азота, вовлекаемые в круговорот.

При этом нужно, однако, отметить, что происходят непроизводительные растраты огромных масс азота в связи с войнами, неизбежными при капиталистическом строе. Большинство современных взрывчатых веществ содержит связанный азот, который при сгорании обращается в свободный и улетучивается в атмосферу. Этим бессмысленным тратам будет положен конец только вместе с гибелью всего капиталистического строя.

12. Элементы древних. Искатели золота

Читатель, который внимательно прочел все написанное до сих пор, познакомился уже со многими примерами превращений разных веществ друг в друга. Он узнал, как серный колчедан при взаимодействии с другими веществами превращается в серную кислоту, азот — в селитру, уголь — в углекислый газ, вода разлагается на водород и кислород и так далее. Одни вещества, то соединяясь друг с другом химически, то разлагаясь, дают вещества другие, совсем на них непохожие. Не может ли подобными путями изменяться каждое вещество? И нельзя ли научиться изменять любое встречающееся в природе вещество так, чтобы из него можно было по желанию получить любое другое вещество? Другими словами, не являются ли все разнообразнейшие вещества окружающего нас мира лишь видоизменениями какого-либо одного основного вещества или различными комбинациями немногих основных веществ?

Таким вопросом задавались еще ученые глубокой древности. Древнегреческий мудрец Фалес Милетский, живший около 2500 лет тому назад, считал, что все на свете возникает из воды, его современник Анаксимен принимал за первооснову всего воздух, Гераклит Эфесский — огонь (огонь тогда тоже считали за вещество), а мудрец Эмпедокл присоединил сюда еще и землю. Для доказательства своего утверждения Эмпедокл рассуждал, например, так:

«Когда зеленое дерево горит, разве не появляется огонь, не улетучивается дым, чтобы стать воздухом, не выкипает вода и в золе не остается ли земля?»

Таким образом древние ученые считали «первоначалами»,

или основными элементами, из которых происходят все вещества в природе, воду, воздух, огонь и землю. Но с течением времени это древнее учение об элементах сильно усложнилось. Знаменитый греческий ученый Аристотель (рис. 33), живший около 2300 лет тому назад, учил уже, что первоначалами всех вещей являются не те материальные сущности — вода, воздух, земля и огонь, которые мы знаем, а присущие им особые «качества». Сами перечисленные элементы, по учению Аристотеля, образуются попар-



Рис. 33. Аристотель (384—322 до христ. эры).

ным соединением качеств: огонь—теплоты и сухости, воздух—теплоты и влажности, вода—влажности и холода, а земля—холода и сухости. При этом вода и огонь, воздух и земля представляют попарно противоположности (рис. 34). Эти элементы-качества и являются составными частями всех тел.

Как мы видим, Аристотель ошибочно отрывал здесь от вещества присущие ему свойства и противопоставлял эти свойства самим веществам. Позже приписывали свойствам и самостоятельное существование.

В средние века (т. е. примерно с V до XV века

христ. эры) чрезвычайно отрицательное, реакционное влияние на науку имели религиозные, христианские, воззрения. Непреложной истиной считались представления о мире, изложенные в старинной еврейской «священной» книге «Библии», унаследованные в большинстве случаев от еще более древних «языческих» народов. Однако во многом средневековая наука опиралась и на извращенное поповщиной учение Аристотеля, в том числе и на его учение об элементах. Но так как сущностью религиозного учения являлось противопоставление «души», имеющей якобы самостоятельное существование, телу, мира природы — фантастическому миру «духов», то и в учении об элементах средис-

вековая наука приписала свойствам и качествам самостоятельное существование, независимое от вещества.

Жизнь не стояла на месте. Развивались ремесла и земледелие, возрастала добыча разных металлов из руд, все больше узнавали люди из своей производственной практики о свойствах различных веществ, учились готовить новые, до того неизвестные вещества. Вместе с тем развивались сношения различных стран друг с другом, росла торговля. А в связи с этим стало нехватать золота. И вот появились «искатели золота», так называемые алхимики.

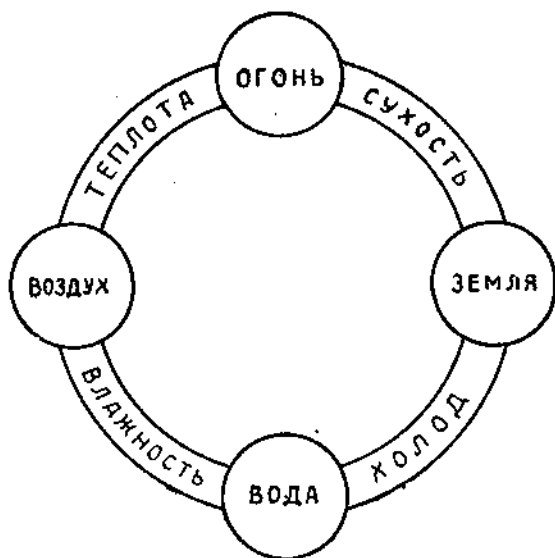


Рис. 34. Элементы Аристотеля.

Исходя из учения Аристотеля об элементах, к тому же искаженного средневековой наукой, алхимики думали, что стоит лишь удалить из дешевых металлов качества, не приущи золоту, и добавить к ним тех качеств, которые приущи золоту, и эти металлы превратятся в золото.

К уверенности в том, что превращение одних металлов в другие вполне возможно, приводил алхимиков и производственный опыт того времени.

Металлы отличаются рядом определенных свойств, среди которых особенно бросается в глаза металлический блеск. Некоторые металлы в огне не изменяются, — это «благородные» металлы, другие теряют при этом блеск и

тягучесть, — это «несовершенные» металлы. Так рассуждали алхимики.

Но металлический блеск имеют и такие, например, вещества, как уже знакомый нам серный колчедан или свинцовый блеск (свинцовая руда), по цвету не отличающийся от свинца. Из обоих этих веществ можно извлечь обжиганием серу, а сплавлением продукта обжига с углем получить металлы. Значит, путем удаления серы, например, из свинцового блеска можно получить металлический ковкий свинец. Естественно было предположить отсюда, что свойства свинца «портила» сера, которая является составной частью металлов, и что если бы удалось удалить из свинца еще больше серы, то он превратился бы в «благородное» серебро, а может быть даже и золото. И действительно, алхимикам удавалось получать из свинцового блеска серебро, хотя, правда, и немного. Но это уж, думали алхимики, зависит только от недостаточного нашего умения взяться за дело.

Алхимики хорошо знали, что ртуть, этот типичный металл, легко испаряется от жара. Отсюда явилось предположение, что потеря «несовершенными» металлами металлических свойств при пережигании и вообще при ржавлении зависит от удаления из них ртути, тоже являющейся составной частью металлов.

Таким образом алхимики к старым элементам добавили и новые — серу, ртуть, а также соль, причем эти элементы были носителями определенных качеств: сера — горючести, ртуть — металлических свойств, соль — растворимости.

Какое же средство надо применить для превращения несовершенных металлов в серебро и золото?

Таким средством алхимики считали особое таинственное вещество — «философский камень», который называли также «камнем мудрецов», «панацеей¹ жизни» (ему приписывали еще способность исцелять все болезни, возвращать старикам молодость), «красной тинктурой» и другими еще более мудреными названиями. И вот появилось немало людей, которые всю жизнь занимались в своих лабораториях (рис. 35) отысканием «философского камня», производя для этого бесчисленные опыты, соединенные со всякого рода «магическими заклинаниями».

Чтобы понять возможность веры в существование «фи-

¹ Панацея по-гречески значит всеисцеляющее средство.



Рис. 35. Лаборатория алхимика.

лософского камня», надо вспомнить, что в те времена свято верили в бога, ангелов и чертей, Землю считали центром вселенной, для которой существуют Солнце, планеты и звезды; в громе, молнии, буре и граде видели борьбу невидимых «духов»; во славу божью сжигали на кострах сотни и тысячи «ведьм» и т. д. При господстве подобных взглядов, конечно, не могла показаться дикой и уверенность в существовании «философского камня».

Среди алхимиков было немало шарлатанов, утверждавших, что они знают с «нечистой силой», которая открыла им вождеденный секрет. Правда, в те времена подозреваемых в сношениях с «нечистым» обычно мучили, пытали, а потом сжигали живьем на кострах. Но шарлатаны-алхимики этого мало боялись, так как у них всегда находились могущественные покровители. Какому-нибудь тогдашнему владетельному князю или графу, привыкшему жить «на широкую ногу», было очень лестно заполучить к себе алхимика и держать его при своем дворе. Ведь он, можно сказать, из ничего приготовит кучи золота, а золото позволит в этой грешной жизни получить такие наслаждения, на которые едва ли можно рассчитывать в жизни будущей, в скучном поповском раю. Что же касается греха и последующего наказания за него, которыми церковь пугала бедняков, то и тут бояться нечего. Любой монах или поп и даже сам святейший папа римский за золото даст отпущение не только грехам, уже совершенным раньше, но и тем, которые предстоит еще совершить в будущем:

Но далеко не все алхимики были шарлатанами. Много среди них было и людей честных, искренних, свято веривших в возможность превращения «неблагородных» веществ в золото. Они добросовестно искали нужное средство, делали много химических опытов, и труды их принесли впоследствии немалую пользу настоящей науке. Однако благодаря всеобщей вере в возможность добывания с помощью таинственных средств золота судьба таких алхимиков нередко бывала очень печальна. Так, знаменитый средневековый ученый Роджер Бэкон (рис. 36), который вовсе и не думал утверждать, что он знает секрет делать золото, тем не менее угодил в тюрьму и пробыл там почти до самой смерти. Случилось это отчасти потому, что монахи и сам римский папа были уверены, будто Бэкон знает этот секрет и только скрывает его. И хотя «святые отцы» говорили, что они помышляют исключительно лишь о небе, тем не менее золото они почитали гораздо больше своего

«возлюбленного господа». Как же им было не попытаться хоть посредством тюрьмы выпытать у ученого драгоценный секрет.

Много было таких искателей золота — алхимиков — в средние века. Но как они ни старались, каких средств ни применяли, все же в золото им не удалось превратить ни одной крупинки такого вещества, в котором золота раньше не было. Зато их труды и множество произведенных ими разнообразных опытов дали науке богатый материал.

Никогда не надо смешивать алхимиков-ученых с шарлатанами и думать, будто алхимия ограничивалась только поисками «философского камня». Алхимия разрабатывала множество чисто производственных вопросов, открыла много новых способов химического исследования. «Алхимия была наука, искусство делания золота заключало в себе все технически-химические и ремесленные отрасли», — говорит об алхимии



Рис. 36. Роджер Бэкон (1214—1294).

Либих. Что же касается до «философского камня» и прочей мистики, связанной с алхимией, то это являлось продуктом господства религии в наивном сознании людей того времени.

Развитие техники, возникновение большой химической промышленности, накопление богатого производственного опыта — все это привело позднее к необычайному расцвету химических знаний. И то же, между прочим, позволило химикам, пришедшим на смену алхимикам, точно ответить на вопрос о причинах неудачи попыток искателей золота превращать дешевые металлы в благородные.

Правильной оказалась основная мысль алхимиков, высказанная, впрочем, гораздо раньше их еще древними учеными: все самые разнообразные вещества, какие только есть на Земле, состояются из сравнительно немногих основных элементов. Только, во-первых, этими элементами оказались не те, которые считались таковыми раньше, а во-вторых, их нашлось не 4 — 7, как думали прежние ученые, а около девяти десятков. Как же пришли химики к такому заключению?

13. Химические элементы

В этой книжке нам уже приходилось говорить о случаях разложения некоторых веществ. Вода, например, при пропускании через нее постоянного электрического тока разлагается на два новых вещества — водород и кислород. Углекислый газ при сжигании в нем магния разлагается

на углерод и кислород (кислород при этом соединяется с магнием).

Подобными же способами (нагреванием, электричеством, воздействием других веществ и т. д.) удается разложить и многие другие вещества, получить из них два или несколько новых веществ. Многие, но... не все.

Сколько ни бились химики, какие средства они ни применяли, но все же им никогда не удавалось разложить такие вещества, как, например, водород, кислород, углерод, азот,

железо, золото, медь... Из этих веществ можно было получить новые вещества только в том случае, когда они соединялись с одним или несколькими другими веществами, разложить же их не удавалось.

Выяснилось, что целый ряд веществ никакими обычно применяемыми в химии способами нельзя разложить на какие-либо новые вещества. Вот на этот-то факт и обратил внимание ученых еще в 1661 г. знаменитый английский ученый Роберт Бойль (рис. 37). Он говорил, что, несмотря на все попытки, ему никогда не удавалось разложить металлы на ртуть, серу и соль, которые будто бы являются, как утверждают алхимики, составными частями металлов. И поэтому Бойль предложил считать элементами такие «первоначальные или простые тела...», которые не состоят из каких-либо других тел или друг из друга». Все другие раз-



Рис. 37. Роберт Бойль (1627—1691).

нообразнейшие вещества природы являются, по Бойлю, веществами сложными, сложенными из тех или иных элементов и способными при определенных условиях распадаться на эти элементы.

Со времени Бойля химики и начали разделять все вещества на две различные группы: вещества сложные, способные разлагаться на другие вещества и являющиеся химическими соединениями двух или нескольких элементов, и вещества простые, не способные разлагаться на другие вещества и состоящие только из одного химического элемента. Например, вода, углекислый газ, серная кислота — вещества сложные, так как воду можно разложить на водород и кислород, углекислый газ — на углерод и кислород, серную кислоту — на водород, серу и кислород. Но водород, кислород, уголь — вещества простые, так как их нельзя уже разложить на какие-либо другие вещества.

Нужно запомнить при этом, что понятия «простое вещество» и «химический элемент» — не одно и то же. Известные нам, например, газы водород, азот и кислород, металлы медь, свинец, ртуть, золото и другие, такие вещества, как сера, уголь, графит, — все это разные простые вещества. Но мы уже говорили, например, что уголь, графит и алмаз являются видоизменениями углерода. Все эти три разные простые вещества состоят из одного и того же химического элемента углерода. Точно так же встречаются различные видоизменения серы, представляющие разные простые вещества, но состоящие из одного и того же химического элемента — серы.

Подобных примеров известно много. И таким образом разница между простыми и сложными веществами заключается в том, что первые строятся из одного химического элемента, а вторые — из двух или больше.

Значительно облегчилась задача изучения состава различных веществ, когда химикам удалось выяснить, какие из них являются простыми, далее не разлагаемыми. Ведь узнать состав какого-либо сложного вещества — это и значит узнать, из каких химических элементов оно состоит, на какие простые вещества его можно разложить. Если воду, например, удастся разложить на кислород и водород, то значит, вода и является химическим соединением водорода и кислорода; углекислый газ является соединением кислорода и углерода, серная кислота — водорода, кислорода и серы, и так далее. Зная же простые

вещества и хорошо изучив их свойства, можно пробовать с помощью различных средств по-разному соединять их друг с другом и этим путем получать все новые и новые вещества. Таким именно образом и удалось получить химикам огромное количество самых разнообразных веществ, которые готовятся теперь на химических заводах и в химических лабораториях. Все эти вещества в процессе производственной деятельности человеческого общества строятся по-разному из сравнительно немногих химических элементов. Точно так же и в природе все те удивительные превращения веществ, которые в ней постоянно происходят, зависят от того, что по-разному соединяются между собой все те же химические элементы.

Это не значит, конечно, что свойства возникших таким путем сложных веществ являются просто повторением или суммой свойств составляющих их элементов. Нет, новые вещества обычно обладают и новыми свойствами, не похожими на свойства входящих в их состав элементов. Здесь возникает, как говорят философы, новое качество.

Нам теперь должно быть понятно, в чем заключалась причина неудачи средневековых искателей золота. Ведь они хотели получить золото из таких, например, более дешевых веществ, как ртуть или свинец. Но ртуть и свинец — простые вещества, в состав которых золото не входит. Золото, в свою очередь, также простое вещество, которое нельзя разложить ни на какие другие вещества. А раз нельзя разложить, то нельзя, значит, и построить из других элементов. Золото можно получить только из таких веществ, в которых оно уже есть как таковое. Алхимики этого еще не знали, и потому все труды их оставались бесплодными.

Внимательный читатель, если он хорошо помнит все сказанное в этой книжке раньше, может попробовать все-таки заступиться за алхимиков. Он припомнит, что мы упоминали о руде — свинцовом блеске. Исследование чистой руды показывает, что она является химическим соединением свинца и серы. А на стр. 60 нашей книжки черным по белому напечатано: «...удавалось получать из свинцового блеска серебро»... Значит ли это, что можно из соединения серы и свинца получить простое вещество — серебро?

Нет, не значит. Из чистого свинцового блеска, приготовленного искусственно, нельзя получить ни одной самой малой крупиночки серебра. Природный же свинцовый

блеск большей частью не чистый, к нему примешаны, где больше, где меньше, некоторые другие вещества и, в частности, иногда серебряный блеск — соединение серебра с серой. Вот из этой-то примеси получалось и получается то серебро, которое вводило в заблуждение алхимиков и которое могло вызвать недоумение у нашего читателя.

Таким образом факт получения серебра из свинцового блеска отнюдь не говорит в пользу алхимиков. Однако... не будем пока еще окончательно и бесповоротно отвергать основную их идею о возможности безграничного превращения веществ. В последнее время наука открыла ряд таких фактов, которые опять возрождают эту идею, хотя, правда, на совершенно новой основе. Поэтому к алхимикам нам придется еще вернуться позже, пока же мы познакомимся с важнейшими химическими элементами. То, что ниже говорится об их свойствах и применении, относится, конечно, к соответствующим простым веществам, состоящим из этих элементов.

Все химические элементы, которых известно около 90, разделяются на две большие группы: 1) металлы (к ним относится большинство элементов) и 2) неметаллы, или металлоиды. Металлы, как правило, хорошо проводят тепло и электричество, отличаются металлическим блеском, металлоиды же — плохие проводники тепла и электричества и металлического блеска не имеют.

Наиболее важными из металлов являются известные всем железо, медь, цинк, олово, алюминий, свинец, ртуть, серебро, золото, а также менее известные марганец, хром, магний. Железо является основным материалом для выделки машин, орудий и инструментов, медь служит для передачи энергии и сигналов на расстояние (электрические провода, радио и другие электрические установки), цинк и олово — для изготовления многочисленных технически ценных сплавов, алюминий, который входит в состав всякой глины, и магний — основные материалы для авиастроения, ртуть — незаменимый материал для многих точных научных приборов (барометры, термометры и т. п.), марганец и хром — необходимые металлы для получения специальных высококачественных сталей и т. д. Из других важных металлов отметим еще:

Натрий, мягкий, в свежем разрезе блестящий серебристо-белый металл, на воздухе быстро соединяющийся с кислородом и влагой, энергично разлагающий воду с выделением водорода. Поваренная соль, сода, чилийская се-

литра, глауберова соль, твердое мыло и многие другие технически важные вещества являются химическими соединениями натрия с другими элементами.

Калий, похожий на натрий мягкий металл. Его химические соединения необходимы для питания растений, почему калий является важной составной частью минеральных удобрений.

Кальций, мягкий металл. Элемент кальций входит в состав известняка, мела, мрамора и многих других минералов, а также и живых организмов.

Радий, удивительный металл, о котором еще будет подробнее рассказано в нашей книжке.

Торий и уран, тяжелые металлы, о которых нам тоже придется говорить позднее.

Важнейшими из металлоидов являются:

Водород, бесцветный горючий газ, не имеющий вкуса и запаха, самый легкий из всех газов. В технике применяется для получения аммиака (путем соединения с азотом воздуха), для наполнения воздушных шаров, дирижаблей и стратостатов, для превращения жидких растительных жиров в твердые, для автогенной сварки и резки металлов, в некоторых химических производствах. Как элемент входит в состав воды, животных, растений и многих других веществ.

Гелий, легкий бесцветный газ без вкуса и запаха, не вступающий в химические соединения с другими веществами. Содержится в незначительных количествах в воздухе, добывается из некоторых природных газов, выделяющихся из земли. Благодаря легкости и неспособности гореть применяется главным образом для наполнения дирижаблей.

Углерод, важнейшая составная часть тела животных и растений, большинства сортов топлива и многих других веществ.

Азот, главная по весу составная часть воздуха; химические соединения азота входят в состав организмов, взрывчатых веществ, удобрений и пр.

Кислород, составная часть воды и живых существ, встречается в воздухе, самый распространенный элемент на земле. Доступная нашему исследованию часть земной коры по весу наполовину состоит из кислорода.

Кремний, элемент, входящий в состав очень многих минералов, технических цементов, стекла и многих других веществ. Обыкновенный чистый песок, например, есть соединение кремния с кислородом.

Фосфор, употребляющийся при фабрикации спичек, входит в состав организмов и некоторых минералов. Фосфорные удобрения необходимы для поддержания и повышения урожайности почв.

Сера, встречающаяся в больших количествах в самородном виде и применяемая для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, в резиновой промышленности, для получения серной кислоты, черного пороха и пр. Многие минералы являются химическими соединениями серы, она входит также в состав организмов.

Хлор, желтовато-зеленый газ, употреблявшийся во время мировой войны в качестве боевого отравляющего вещества самостоятельно и в составе других веществ, входит (как элемент) в состав поваренной соли. Обесцвечивает многие вещества, например цветы. В технике применяется для беления тканей, получения белильной извести, некоторых красок и пр.

Мы перечислили здесь лишь важнейшие из химических элементов, которых в настоящее время известно, как уже было сказано, 90.

Теперь, ознакомившись с химическими элементами, мы постараемся проникнуть еще дальше в тайны строения вещества.

14. Атомы и молекулы

Когда-то один итальянский ученый написал длинное рассуждение о том, что снег на Этне¹ состоит из того же самого вещества, что и снег, лежащий на вершинах Швейцарских Альп, и собрал множество доказательств в подтверждение того, что тот и другой снег, растаяв, дают воду одинаковых свойств и состава.

В те времена такой факт еще требовал доказательств. Но зато теперь мы отлично знаем, что какими бы способами мы ни получали чистую воду, — например, перегонкой природных вод, сжиганием водорода в кислороде, сжиганием спирта, керосина или других содержащих водород веществ, наконец, из каких-либо химических соединений, — всегда эта вода будет бесцветной жидкостью без запаха и вкуса, замерзающей при 0 градусов и кипящей при 100 градусах, растворяющей поваренную соль или селитру и т. д.

¹ Самый высокий вулкан в Европе, находящийся на острове Сицилия.

То же самое мы наблюдаем и у других химических соединений. Серную кислоту можно, например, приготовить из разных материалов и разными способами. Готовят ее, как мы знаем, и из серного колчедана, готовят и из серы. Серный колчедан можно брать и уральский, и кавказский, и американский, и какой-угодно, лишь бы это был серный колчедан. Готовят серную кислоту не только так, как было рассказано в этой книжке, но и другими способами. Но где бы, как бы и из чего бы ни приготовили серную кислоту, она будет всегда одинаковая, если только она чистая. Чистая серная кислота с любого завода — советского, германского, английского, американского — это едкая прозрачная бесцветная жидкость, примерно в два раза тяжелее равного ей по объему количества воды, кипящая при 338 градусах. Углекислый газ, конечно, чистый, будет всегда одинаков — получен ли он при сжигании угля, из известняка с помощью кислоты, при дыхании животного и так далее.

Чем же объясняется такой поразительный факт?

В старые времена, когда химические знания были еще недостаточны, понять этот факт было не так-то легко. Но дело изменилось, когда химики стали применять для своих работ весы. Этот инструмент помог объяснить постоянство свойств химического соединения.

Если разложить углекислый газ на его составные части, т. е. на углерод и кислород, а затем взвесить количества того и другого и сравнить их между собою, то окажется, что в каждых 44 частях (по весу) углекислого газа всегда и всюду содержится 12 частей углерода и 32 части кислорода. И наоборот, если сжечь 12 весовых частей угля, то они соединятся с 32 частями кислорода и образуют 44 части углекислого газа.

Ну, а что будет, если в 32 весовых частях кислорода сжечь не 12 частей, а только, скажем, 6 частей угля? Соединятся ли эти 6 частей угля со всеми 32 частями кислорода или нет? Оказывается, нет. Они соединятся только с 16 весовыми частями кислорода и дадут 22 части углекислого газа, остальные же 16 частей кислорода останутся свободными. Значит, и здесь соотношение между углеродом и кислородом в углекислом газе остается то же самое: прежде было двенадцать на тридцать два, или, что то же самое, три на восемь, а здесь шесть на шестнадцать, или — то же — три на восемь. Всегда и всюду, где бы и как бы он ни образовался, углекислый газ имеет одно и то же весо-

вое соотношение углерода к кислороду: три к восьми. Другими словами, состав углекислого газа постоянен.

Такой же результат дает применение весов и к исследованию любого химического соединения. Серная кислота представляет соединение водорода, кислорода и серы. И в чистой серной кислоте, как бы и из чего бы она ни была приготовлена, всегда на каждые 2 весовых части водорода окажется 32 таких же части серы и 64 части кислорода. В чистой воде на 2 весовых части водорода всегда приходится 16 частей кислорода, в сернистом газе на 32 части серы — 32 части кислорода и так далее.

Таким образом весы дали разгадку постоянства свойств химического соединения: это постоянство зависит от постоянства его состава.

Состав всякого химического соединения постоянен независимо от способов и места образования этого соединения, это — первая из тайн строения вещества, которую раскрыли весы. Но они же раскрыли еще и вторую замечательную тайну.

Мы уже видели, что два или несколько химических элементов могут, соединяясь друг с другом, давать иногда не одно только химическое соединение. Вспомним, что сера с кислородом дает не только сернистый газ, но, например, и серный ангидрид. Углерод с кислородом дает не только углекислый газ, но и окись углерода. Если справиться в тех местах книжки, где об этом говорилось, и внимательно приглядеться к приведенным там цифрам, то можно заметить опять интересное совпадение:

в сернистом газе на 32 весовых части серы приходится 32 весовых части кислорода,

в серном ангидриде на 32 таких же весовых части серы приходится 48 весовых частей кислорода,

в окиси углерода на 12 весовых частей углерода приходится 16 частей кислорода,

в углекислом газе на 12 таких же весовых частей углерода приходится 32 части кислорода.

Сравним между собой те количества кислорода, которые приходятся на одно и то же количество другого элемента. В первом случае это будет 32 и 48. Разделив каждое из них на 16, мы увидим, что они относятся между собой, как два к трем, т. е. в сернистом газе на определенное количество серы (32) приходится как бы две порции

кислорода, а в серном ангидриде на то же количество три таких же порции. Во втором случае количества кислорода будут 16 и 32. Разделив эти цифры на 16, увидим, что в окиси углерода на 12 весовых частей углерода приходится одна порция кислорода, а в углекислом газе — две. Видите, какие простые соотношения получаются!

Еще удивительнее и нагляднее эти соотношения в соединениях кислорода с азотом. Азот дает с кислородом не одно, а целых пять разных соединений, причем на одно и то же количество азота в первом из них приходится одна порция кислорода, во втором — две, в третьем — три, в четвертом — четыре и в пятом — пять. Выходит, как будто бы, что кислород складывается из каких-то цельных частичек — порций, вроде как людская толпа составляется из отдельных людей. Из толпы может уйти один, два, три, несколько человек, но не может уйти половина или треть человека. Так и из кислорода на соединение с определенным количеством азота может пойти одна, две, три и так далее каких-то цельных порций, но не половина и не треть такой порции. В чем же тут дело, как можно растолковать такой замечательный факт?

Здесь приходится уже призадуматься над тем, как построено всякое вещество: сплошное оно или действительно состоит из отдельных частичек — порций? Этот вопрос задавали себе еще старинные греческие ученые, жившие за несколько сот лет до начала нашего летосчисления. Один из них, по имени Демокрит (рис. 38), отвечал на этот вопрос, например, так.

Не может быть, чтобы вещество было сплошным. Если бы было так, то как могла бы двигаться рыба в воде, человек в воздухе, как мог бы достигать до нашего носа аромат розы... Вещество должно состоять из мельчайших невидимых для нас частиц. Дождевая туча тоже кажется нам сплошной, а она ведь состоит из отдельных дождевых капель, которых простым глазом мы не можем различить в ней на высоте. Частицы вещества должны быть еще меньше, гораздо меньше, чем дождевая капля, но они все-таки должны быть.

Эти частицы, или атомы, существуют извечно. Они не возникают и не уничтожаются и отличаются друг от друга лишь по форме, величине и распорядку. Например, острые, на вкус соленые, горькие, кислые вещества состоят из угловатых, колючих атомов: атомы воды — из круглых и гладких атомов и т. д. Атомы, согласно Демокриту, на-

ходятся в постоянном движении. Двигаться же они могут потому, что существует бесконечная пустота.

Демокрит в своей философии строил материалистическую картину мира, так как считал материю не творением бога, духа и т. д., как это утверждают религия и идеализм, а чем-то изначальным и вечным. Демокрит — величайший философ и ученый древней Греции — не признавал существования богов, а божественное «провиденье» считал вы-



Рис. 38. Демокрит (470—380 до х. э.)



Рис. 39. Джон Дальтон (1766—1844).

думкой невежественных и суеверных людей. Он отрицал нематериальность души и учил, что она является не более, как особым видом материи, состоящей из мельчайших круглых и весьма подвижных атомов огня. Естественно, что учение Демокрита содержало в себе много наивного, но в свое время оно было огромным шагом вперед в деле материалистического объяснения мира. Основная идея Демокрита, что материя состоит из мельчайших частиц, атомов, бесспорно, явилась гениальной догадкой, которая спустя многие века после смерти великого мыслителя была блестяще подтверждена наукой и справедливость ее была доказана.

Необычайный расцвет техники и промышленности после промышленного переворота в Англии в начале прошлого века создал предпосылки и для возрождения атомного учения на новой основе.

Еще в 1661 году известный уже нам Роберт Бойль говорил, что химические элементы состояются из одинаковых атомов, а химические соединения состоят из атомов разных сортов. Но в современном своем виде атомное учение воскресло благодаря работам сына бедного английского ткача — знаменитого химика Дальтона (рис. 39), о котором Энгельс говорит, что он является отцом современной химии. Дальтон-то именно и открыл те простые (или, как их еще называют, кратные) соотношения, которые иногда наблюдаются у разных соединений одних и тех же элементов между собой. Для объяснения этого он высказал следующие предположения.

Никакое вещество нельзя делить на части без конца. Кусочек угля можно разломать на два меньших кусочка, эти кусочки разбить на еще меньшие и так далее. Но в конце-концов, какие бы средства для измельчения угля мы ни применяли, мы дойдем до таких маленьких частичек, которые дальше уже разделить никак нельзя. То же самое будет и с любым другим простым веществом. Значит, каждое простое вещество состоит из мельчайших неделимых частичек определенного химического элемента. Эти частички как бы являются теми кирпичиками, из которых строится это вещество.

Те кирпичики, те мельчайшие неделимые частички, из которых складываются химические элементы, Дальтон назвал атомами.

Когда два или несколько химических элементов соединяются друг с другом, образуя химическое соединение, то при этом происходит соединение друг с другом атомов этих элементов. Атомы различных элементов при соединении друг с другом образуют мельчайшую частичку сложного вещества, называемую молекулой. Так, атомы водорода, соединяясь с атомами кислорода, образуют молекулы углекислого газа или молекулы окиси углерода. Нередко атомы какого-либо одного химического элемента соединяются друг с другом и образуют молекулы соответствующего простого тела. Значит, молекулы могут состоять и из одинаковых атомов.

Молекула данного вещества сохраняет его основные химические свойства. Но молекулу мы можем и дальше

разбить на части, однако эти части — атомы составляющих ее элементов — будут обладать уже совершенно иными свойствами, чем исходное вещество. И здесь опять-таки нужно твердо запомнить: свойства молекул, даже молекул простых веществ, отнюдь не являются простой суммой свойств составляющих их атомов. Молекула обладает обычно совершенно иными свойствами, она является новым качеством, как говорят философы.

Как мы увидим позже, и атомы не являются еще делом делимости вещества, — их тоже можно особыми приемами раздробить на части. Однако эти части не будут уже обладать свойствами атомов данного химического элемента. Но об этом позже. Теперь же заметим, что при всех обычных превращениях вещества, при всех химических превращениях, атомы химических элементов переходят как таковые из одного химического соединения в другое.

Вот в самых коротких словах сущность современного атомного учения, основы которого были заложены Дальтоном. С помощью этого учения легко объясняются и закон постоянства состава химических соединений и случаи кратных отношений при соединении некоторых химических элементов между собой.

В самом деле: почему в воде на определенное количество водорода приходится всегда одно и то же количество кислорода? Да очевидно потому, что в каждой молекуле воды на определенное число атомов водорода всегда приходится одно и то же число атомов кислорода, — не больше, не меньше. Почему в окиси углерода на определенное количество углерода приходится одна порция кислорода, а в углекислом газе две? Потому, что в молекуле углекислого газа на определенное число атомов углерода приходится вдвое больше атомов кислорода, чем на то же количество в окиси углерода. Если, скажем, при образовании молекулы окиси углерода с одним атомом углерода соединяется один атом кислорода, то при образовании молекулы углекислого газа с одним атомом углерода соединяются два атома кислорода. С одним атомом углерода не может соединиться ни полтора, ни половина, ни другая какая-нибудь дробная часть атома кислорода, так как атомы ведь при химических превращениях неделимы.

Таким образом предположение о существовании атомов и молекул объясняет очень хорошо те законы, которые химикам удалось установить с помощью весов. Но нельзя

ли окончательно проверить эти предположения, нельзя ли наглядно убедиться в действительном существовании молекул и атомов?

До сравнительно недавнего времени этого сделать было нельзя. На вопрос о существовании молекул и атомов некоторые ученые отвечали: это очень удачное и удобное предположение, которое облегчает нашу работу, потому мы им и пользуемся. Но молекул и атомов никто не видал, и сказать — существуют ли они на самом деле, или нет — нельзя. Может быть, да, а может быть, и нет.

Но чем дальше развивались техника и наука, тем больше накапливалось данных, говорящих за то, что молекулы и атомы существуют на самом деле, а не являются только измышлением человеческого ума. Пробовали ученые вычислять самыми различными способами, каковы должны быть размеры молекул, если они есть. Если капнуть, например, на воду маленькую капельку оливкового масла, то оно расплывается по воде очень тоненькой пленочкой. Можно заранее точно измерить капельку, а потом так же точно определить размеры поверхности, на которой она расплылась, и на основании этого высчитать и толщину этой пленочки. А пленочка должна ведь состоять никак не меньше, чем из одного слоя молекул; значит, толщина пленочки должна быть равна диаметру (поперечнику) молекулы или быть вдвое, втрое и т. д. больше нее. При вычислениях толщины самых тоненьких пленочек, которые удавалось получить, оказывалось, что размеры молекул настолько малы, что их и представить-то себе наглядно невозможно.

Но вот что интересно. Когда пробовали определять размеры молекул многими другими способами, совсем непохожими на описанный, то получали опять, примерно, такие же размеры. Как же может получиться такое удивительное совпадение и что оно доказывает? Да, очевидно, только то, что молекулы — не выдумка, а существуют в действительности, иначе совпадения не могло бы быть. В самое последнее время это подтвердилось окончательно, о чем еще будет сказано дальше.

Каковы же размеры молекул? — О них дают понятие рис. 40 и 41.

Читатель, быть может, знает, что кровь сама по себе жидкость бесцветная, а красный цвет ее зависит от особых плавающих в ней красных кровяных телец. Эти кровяные тельца можно рассмотреть только в сильно увеличивающие приборы — микроскопы. Если поперечник кровяного тель-

ца человека увеличить в десять тысяч раз, то оно будет иметь размеры, показанные на рис. 40 (А). Рядом с ним показаны тоже увеличенные в десять тысяч раз частички из особого, так называемого коллоидального раствора золота (Б). Они так малы, что в обыкновенный, даже очень сильно увеличивающий микроскоп их заметить нельзя. И все-таки молекулы настолько меньше этих частичек золота, что их на рисунке не изобразить никакой самой маленькой точкой. Тут уж увеличивать в десять тысяч раз мало, надо увеличить, по крайней мере, в миллион раз, что и сделано на рис. 41. На нем изображены те же самые частички золота, что и на предыдущем рисунке, но уже увеличенные в миллион раз (Б), а рядом находятся увеличенные в миллион раз молекулы (В).

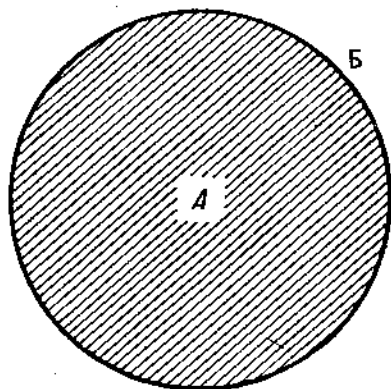
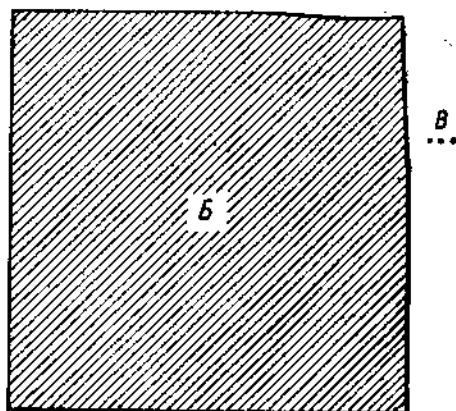


Рис. 40. Размеры красного кровяного тельца человека по сравнению с размерами частичек коллоидального золота. А—красное кровяное тельце, Б—коллоидальные частички золота (увеличено в 10 000 раз).

В действительности же поперечник кровяного тельца человека равен, примерно, семи с половиной десятитысячных долей сантиметра, т. е. куда тоньше самого тоненького волоска.

Действительные поперечники молекул измеряются всего несколькими миллионными долями миллиметра. В объеме наперстка, на-



пример, уместается такое огромное количество молекул воздуха, что если бы каждую из них увеличить до разме-

Рис. 41. Размеры тех же частичек коллоидального золота по сравнению с размерами молекул. Б—коллоидальная частичка золота, В—молекулы (увеличено в 1 000 000 раз).

ров апельсина, то они покрыли бы площадь Соединенных Штатов Америки слоем толщиной в 300 м.

Вот насколько малы размеры молекул! А так как молекулы-то состояются сами из атомов, то атомы, конечно, еще меньше молекул! И тем не менее химикам удалось определить, во сколько раз атом какого-либо химического элемента весит больше или меньше, чем атом другого химического элемента, и определить очень точно.

На первый взгляд такая вещь кажется совсем невероятной. Как же это можно класть на весы и взвешивать атомы — такие мелкие частички вещества, которые не разглядишь ни в какие микроскопы? Но этого вовсе и не нужно делать.

Ведь, чтобы узнать, во сколько раз свинцовая дробинка весит больше, скажем, деревянного шарика таких же размеров, можно и не взвешивать дробинку и шарик по отдельности. Для этого проще взвесить сначала мешочек с дробью, а потом взвесить такой же мешочек с деревянными шариками. Если наверное известно, что во втором мешочке ровно столько же шариков, сколько в первом дробинок, и что все шарики между собой, а с другой стороны все дробинки между собой одинаковы, то, разделив первый вес на второй, мы и узнаем, во сколько раз дробинка тяжелее шарика. Если одна дробинка в 15 раз тяжелее деревянного шарика, то и тысяча дробинок тоже будет в 15 раз тяжелее тысячи таких же шариков. Подобным способом и определяют ученые вес атомов. Зная, например, что при одинаковых температуре и давлении в одинаковых объемах газов водорода и кислорода находится одинаковое число атомов того и другого, просто взвешивают эти объемы. Оказывается, что определенный объем кислорода в 16 раз тяжелее такого же объема водорода. А раз в них одинаковое число атомов, то значит, и атом кислорода в 16 раз тяжелее атома водорода.

Атом водорода оказался самым легким из атомов всех элементов. Поэтому вес атома водорода и приняли за единицу, выражая вес других атомов по отношению к водороду. Говорят, например, что атомный вес кислорода 16, азота — 14, углерода — 12, железа — 56, свинца — 207 и т. д. Это значит, что атом кислорода в 16 раз, азота в 14, углерода в 12, железа в 56 и свинца в 207 раз тяжелее, чем атом водорода.

Впоследствии, однако, по ряду причин оказалось более удобным принимать за единицу не атомный вес водорода,

а близкую к нему величину — одну шестнадцатую часть атомного веса кислорода. (Выше мы приводили округленные величины атомных весов, в действительности же они в большинстве случаев не выражаются целыми числами).

* * *

Мы проникли уже довольно далеко в тайны строения вещества. Мы узнали, что бесчисленное множество самых разнообразных веществ, которые нас окружают в жизни и которые мы готовим на наших фабриках и заводах, строятся из сравнительно немногих, числом около 90, химических элементов. Мы узнали, что эти элементы построены из невидимых мельчайших частичек, называемых атомами. Мы узнали, что атом каждого элемента имеет вполне определенный постоянный атомный вес. Мы узнали далее, что при химическом соединении нескольких элементов атомы этих элементов соединяются между собою и образуют мельчайшую частичку сложного вещества — молекулу. Этим обстоятельством мы объясняли и постоянство состава любого химического соединения и кратные отношения во многих случаях, когда два элемента дают не одно, а несколько соединений. Но при этом мы упустили из виду одно важное обстоятельство.

Постоянство состава и кратные отношения возможны только в том случае, если различные атомы, образуя молекулу сложного вещества, сохраняют свой атомный вес. Действительно ли это так? Действительно ли атом кислорода весит столько же в молекуле кислорода, сколько и в молекуле, например, воды? Как это можно доказать?

Ответ на этот важный вопрос дает нам все тот же неизменный инструмент химиков — весы.

15. Закон сохранения вещества

Повседневный опыт показывает как будто бы, что вещество может бесследно исчезать. Вы закурили папиросу, и скоро вместо табака остается легкий пепел, а голубой дым бесследно рассеивается в воздухе. Бросили окуроч на землю, его затопчут, намочит дождем, занесет грязью и пылью, и в конце-концов он истлеет. Изнашиваются любая машина на фабрике, фабричные здания, материалы... Нет ни одной вещи, которую можно было бы назвать вечной. Даже крепчайшие скалы в природе пылинка за пылинкой раскрошиваются и в конце-концов исчезают с лица Земли.

Великий закон природы — закон сохранения вещества установил знаменитый ученый Лавуазье: «Ничто не создается ни при искусственных, ни при естественных операциях, и можно принять за правило принцип, что в каждом процессе в начальный и конечный момент находится неизменное количество материи».

Но еще за 16 лет до Лавуазье наш гениальный ученый-самородок Михайло Васильевич Ломоносов (рис. 44) высказал тот же закон в следующих выражениях:

«Все перемены в натуре случающиеся такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько же присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте».

Закон сохранения вещества имеет огромное значение для науки. Правда, научные исследования последних лет заставляют предполагать, что если бы в нашем распоряжении были весы чрезвычайной чувствительности, до которой нашей технике еще далеко, то мы обнаружили бы некоторое изменение веса участвующих в химических превращениях веществ. Оказывается, что всякое изменение энергии тела (а оно всегда происходит при химических процессах) сопровождается соответствующим изменением его массы (а следовательно и веса) и наоборот. К этому вопросу мы еще вернемся в одной из последних глав книжки. Здесь же пока заметим только, что обнаруженные таким путем изменения веса были бы настолько ничтожны, что практически их ни в коем случае нельзя было бы принять во внимание даже при самых тонких и сложных работах. Поэтому практически закон сохранения вещества сохраняет полностью свою силу в том именно виде, в котором он изложен выше.

Закон сохранения вещества дает химикам и техникам возможность легко и просто заранее рассчитать, сколько какого вещества должно получиться при разных превращениях веществ. Этот же закон позволяет очень точно определить, сколько какого элемента входит в состав любого сложного вещества, — другими словами, точно узнать количественный состав химического соединения.

16. Частицы, составляющие вещество, находятся в постоянном движении

Мы знаем теперь, что всякое вещество строится из мельчайших, невидимых в самые сильные микроскопы частиц — молекул и атомов. Иногда говорят (и мы так гово-

рили), что вещество построено из этих частиц подобно тому, как здание строится из кирпичей, и поэтому называют молекулы и атомы «кирпичами мироздания». Но вполне ли правильно такое сравнение? — Попробуем разобраться в этом.

Можно ли представить себе такое здание, в котором кирпичи постоянно перемещались бы с места на место? Едва ли кто-нибудь согласился бы жить в кирпичном доме, если бы не было уверенности в том, что кирпичи этого дома прочно закреплены на своих местах и не меняют своего положения один относительно другого даже при относительно больших внешних воздействиях на них. Но имеем ли мы право утверждать, что и вещество подобным же образом сложено из молекул, т. е. что и молекулы, скажем, определенного объема газа (например, воздуха), жидкости (например, воды) или даже твердого тела (хотя бы того же кирпича) сохраняют определенные места?

Простые опыты покажут нам, что мы не только не имеем права делать подобное утверждение, но, наоборот, должны притти как раз к обратному заключению.

Запах испорченного яйца зависит от отвратительного запаха газа сероводорода (химическое соединение серы и водорода), который является одним из продуктов разложения белковых веществ (о них будет сказано дальше). Попробуйте разбить испорченное яйцо в комнате, и отвратительный запах сероводорода скоро почувствуется во всех углах комнаты. Как же это объяснить? Ведь пока яйцо не было разбито, сероводород был заключен внутри яйца, а теперь его частички распространяются по всей комнате даже в том случае, если воздух в ней совершенно спокоен.

Объяснить это можно только тем, что молекулы сероводорода находятся в быстром движении, настолько быстром, что они распространяются по всему предоставленному им пространству.

То же самое наблюдается и в отношении любого другого газа. Если мы попробуем выкачать с помощью воздушного насоса половину воздуха, заключенного в бутылке, то другая его половина сейчас же равномерно распределится по всей бутылке. И сколько бы мы ни выкачивали воздуха из бутылки, его остаток всегда будет равномерно распределяться по всему внутреннему пространству бутылки, и нигде в ней не будет такого места, где не двигались бы молекулы воздуха.

Итак, нет никакого сомнения в том, что молекулы газа находятся в постоянном быстром движении. Но может быть это справедливо лишь по отношению к газам?

Оставим стоять в спокойном месте блюдце с налитой в него водой. Количество воды в блюдце будет постоянно уменьшаться, и в конце-концов из него исчезнет вся вода. Мы говорим, что вода испарилась из блюдца. Но чем же это можно объяснить? — Только тем, что молекулы воды находятся в постоянном движении и одна за другой вырываются в окружающее пространство.

Запах пролитого спирта слышен на далеком расстоянии. Значит, и молекулы спирта находятся в постоянном движении, и они одна за другой вырываются в окружающее пространство.

Движение молекул жидкости наглядно покажет нам такой опыт.

Возьмем известные всем синие кристаллы медного купороса и приготовим из них крепкий водный раствор. Пропустим его через пропускную бумагу, чтобы раствор был чистый. Теперь нальем в высокий большой стакан до половины чистой воды, опустим в него воронку с длинной трубкой и будем осторожно приливать через воронку раствор медного купороса. Он тяжелее воды и поэтому будет собираться в нижней части стакана, оттесняя воду наверх (рис. 45). В стакане у нас получатся два слоя жидкости: внизу красивый синий слой раствора медного купороса, а сверху бесцветный слой воды. Оба слоя отделены один от другого резкой границей.

Осторожно перенесем теперь стакан в спокойное место, где бы он не подвергался никаким сотрясениям, и будем время от времени наблюдать за ним. Мы увидим, что сравнительно скоро граница между слоями станет расплывчатой, а затем частицы синего раствора все больше и больше начнут проникать в чистую воду, а значит и наоборот, частицы чистой воды будут спускаться книзу. Если мы выждем достаточно долгое время, то в конце-концов весь раствор без помощи какого-либо внешнего воздействия сделается однородным. Могло ли бы случиться что-либо подобное, если бы молекулы жидкости не находились в непрерывном движении?

Наглядный результат движения молекул жидкости нетрудно наблюдать с помощью микроскопа. Такое наблю-

дение впервые сделал в 1827 году английский ученый Роберт Броун.

Разболтаем в воде немного китайской туши или красной краски кармина. В первом случае мы получим черную, во втором — красную жидкость. Но рассмотрим каплю такой жидкости под сильным микроскопом. Мы увидим, что жидкость в обоих случаях вовсе не сплошь черная или красная, какой она кажется невооруженному глазу. Под микроскопом ясно видно, что в прозрачной бесцветной жидкости

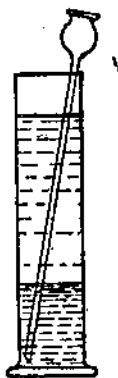


Рис. 45. Вода и раствор медного купороса.

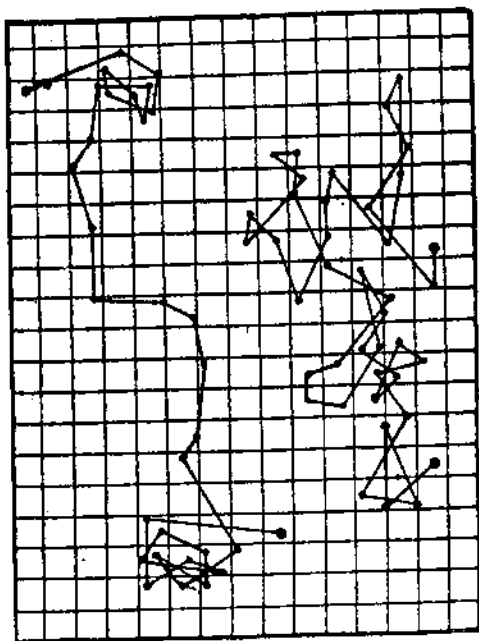


Рис. 46. Броуновское движение частички краски в воде. Точками отмечены положения частички через каждые 30 секунд.

более или менее равномерно распределены, «взвешены», как говорят, мельчайшие частицы краски. Эти частицы очень малы, их можно заметить только под микроскопом, но все же это не молекулы, — они гораздо крупнее молекул.

Присмотритесь теперь внимательнее к частичкам краски. Вы увидите, что они прыгают, «танцуют», скачут из стороны в сторону, находятся в беспрестанном движении... Подобным же образом движутся мельчайшие частички жира в молоке, дыма в воздухе и т. п. Почему?

Долгое время это движение (называемое «броуновским движением») оставалось загадкой для ученых. Однако в конце-концов выяснилось, что броуновское движение является результатом невидимого для нас движения молекул жидкости. Представьте себе, что молекулы жидкости сами находятся все время в состоянии такой же бешеной пляски, сталкиваются друг с другом, отскакивают, наталкиваются на другие молекулы и т. д. Если поместить в жидкость какую-нибудь постороннюю частичку, то она со всех сторон будет подвергаться ударам бешено скачущих молекул. В том случае, когда частичка не слишком мала, сила ударов бесчисленных молекул в нее с различных сторон будет уравниваться, и частичка вследствие этого останется на месте. За определенное короткое время она получит столько же ударов справа, сколько и слева, столько же сверху, сколько и снизу, и т. д. Но если величина посторонних частичек, как в нашем примере с тушью или кармином, уменьшится до известных пределов, то такого уравнивания уже не произойдет. В один момент будет больше толчков со стороны молекул справа, в другой слева, в третий спереди и т. д., в результате чего частичка начнет беспорядочно метаться в разные стороны, постоянно меняя направление своего движения (рис. 46).

Итак, не может быть сомнения и в том, что молекулы жидкостей тоже всегда находятся в движении. А как обстоит дело с твердыми телами, неужели и здесь молекулы не остаются в покое?

Да, и это тоже подтверждено убедительнейшими опытами. Под сильным давлением прижимали, например, кусок свинца к куску золота и оставляли их на долгое время в таком положении. По прошествии нескольких лет было обнаружено в свинце немного золота, а в золоте немного свинца. Как могло бы это случиться, если бы молекулы золота и свинца не находились в постоянном движении?

Вспомним еще о запахе некоторых твердых тел, например сильно душистого вещества — мускуса. Ведь этот запах, который чувствуется на большом расстоянии, обусловлен тем, что от мускуса постоянно отрываются мельчайшие частички и рассеиваются в окружающем пространстве, доходя в конце-концов и до нашего органа обоняния. Правильность такого объяснения установлена с помощью чувствительных весов: открыто лежащий кусочек мускуса постоянно теряет в своем весе.

Из всего сказанного мы должны сделать вывод, что в

каком бы состоянии ни находилось тело, в газообразном, жидком или твердом, — его молекулы, отделенные друг от друга свободными промежутками, находятся в непрестанном движении. Особенно большой скоростью обладают при этом молекулы газов; вычислено, например, что при 0° и нормальном давлении молекулы легчайшего газа водород движутся со скоростью около двух километров в секунду, молекулы кислорода и азота — около полкилометра в секунду и т. д.

Нужно еще заметить, что при нагревании движение молекул тела ускоряется. Если нагревать твердое тело, то в конце-концов при определенной для каждого вещества температуре движение его молекул настолько ускорится, что связь между молекулами значительно ослабеет, и тело расплавится, перейдет в жидкое состояние. При дальнейшем нагревании скорость движения молекул снова будет все возрастать, и наконец наступит такой момент, когда эта скорость преодолееет сцепление между молекулами: молекулы станут отталкиваться, отлетать друг от друга, жидкость закипит и будет превращаться в пар.

Нагревание газа также ведет к увеличению скорости его молекул, что выразится в повышении его давления на стенки того замкнутого сосуда, в котором газ находится: давление газа ведь и вызывается тем, что его быстро движущиеся молекулы с силой ударяются о стенки, так что каждый участок поверхности сосуда непрерывно получает целый град ударов от газовых молекул.

Мы познакомились уже со многими примерами превращения вещества в природе и технике и узнали некоторые важнейшие законы, которым подчиняются эти превращения.

Теперь является вопрос: сохраняются ли эти законы и для живой природы, для живых организмов, в том числе и человеческого?

Попробуем разобраться в этом вопросе.

17. Вещество и жизнь

Сравнительно не так давно широкое распространение имели у нас (а в буржуазных странах имеют и теперь) религиозные представления. По этим представлениям Земля считалась средоточием вселенной: «К земле со всех краев неба стремятся зиждущие силы и производят земное», —

говорил, например, известный нам средневековый ученый Роджер Бэкон. А на Земле центром всего представлялся человек — совсем особое существо, по библейским сказкам «созданное богом по образу его и подобию». В этих сказках он занимает первое место в природе, и все остальное существует только ради него и для него: все полезное создано «богом» на потребу человеку, все вредное — в наказание ему. Даже небесные планеты, по этим представлениям, принимали участие в управлении делами и событиями в жизни отдельных людей, особенно же «сильных мира сего». Кометы считались грозными вестниками бедствий для целых народов. В явлениях органической жизни, а также в великих явлениях природы — буре, грозе, молнии и т. п. видели борьбу невидимых духов.

Человека совсем выделяли из окружающего его мира, считали, что он как бы слеплен из особого теста и что все явления, происходящие в его теле, зависят от действия особой сидящей в нем силы — «души», независимой от материи.

Вот эта-то мысль особенно упорно держалась в головах людей, и от нее не умели освободиться даже ученые. Когда, например, разобрались в том, что многие животные и по строению своего тела (скелет, сердце, почки, легкие и т. д.), и по проявлениям своей жизни (питание, рост, чувствительность, размножение и прочее) очень похожи на человека, тогда стали говорить, что и у этих животных есть нечто вроде души, только низшего сорта. Когда узнали, что и растения в проявлениях своей жизни во многом похожи на животных, тогда стали и в них искать действия все той же особой силы, которую наименовали в конце-концов «жизненной силой». Говорили, что живое тем и отличается от неживого, что оно совсем иначе построено и что в нем проявляется действие особой силы духовного порядка, независимой от материи жизненной силы. Всю природу делили на две различных части — живую и неживую — и ничего общего между этими двумя частями не видели и не хотели видеть.

Подобные взгляды возникли еще в очень отдаленные времена из темных, наивных представлений людей о своей собственной и о внешней природе. Впоследствии же эти представления поддерживались господствующими классами, так как они облегчали эксплуатацию классов угнетенных. Однако развитие техники и хозяйственной жизни и обусловленные этим успехи науки в конце-концов доказали

полную несостоятельность подобных представлений о том, что между живой природой и неживой нет ничего общего. Немало заслуг в этом отношении принадлежит и химикам, которые сначала подошли к исследованию живого вещества с теми же приемами, которые они применяли и в другой своей работе. Прежде всего был разрешен вопрос о составе живого вещества.

Есть ли что-нибудь общее в составе мяса, крови, костей и, например, разных камней, воды, воздуха? На первый взгляд вещества эти совершенно различные и ничего общего между ними быть как будто бы не может. Не то оказалось в действительности, когда химики исследовали состав различных живых веществ, т. е. точно определили, из каких элементов строятся все живые существа. Оказалось, что в различных живых телах найдены были следующие элементы:

кислород	сера	железо
водород	фосфор	натрий
углерод	калий	хлор
азот	кремний	алюминий
кальций	магний	цинк,

а кроме того очень малые количества меди, марганца, брома, иода, мышьяка и ряда других элементов.

Если сравнить список этих элементов с таблицей элементов, напечатанной в приложении I, то легко видеть, что ни одного нового, ни одного какого-либо специального, присущего только живому веществу элемента здесь нет. Все элементы, входящие в состав живых существ, встречаются и в неживой природе.

Защитники особой «жизненной силы» не смутились, однако, этим замечательным фактом. Ну, что ж, — говорили они, — элементы-то те же, но зато соединения из них в живых существах строятся такие, которые в неживой природе не встречаются, которых искусственно построить нельзя. И это только потому, что строятся эти соединения исключительно лишь под влиянием жизненной силы.

В те времена это возражение было очень веским. Такие вещества, как, например, сахар, крахмал, жиры, уксус, разные краски, добывавшиеся из растений, спирт и т. п., можно было получить, только пользуясь материалом, доставляемым живыми существами. Химики знали уже, например, что сахар состоит из углерода, водорода и кислорода, но получить искусственно хотя бы одну крупиночку

сахара из этих трех элементов они не умели. Поэтому и вся химия делилась тогда на две совсем особых части — химию неорганическую и химию органическую. Неорганическая химия занималась изучением тех веществ, которые встречаются в неживой природе или получаются искусственно, а органическая химия исследовала вещества, входящие в состав живых существ — организмов, или из них получаемые.



Рис. 47. Фридрих Велер
(1800—1882).



Рис. 48. Юстус Либих
(1803—1873).

Так обстояло дело до 1824 г. Но в 1824 г. случилось важное событие: немецкому химику Фридриху Велеру (рис. 47) удалось в своей лаборатории искусственно приготовить мочевины, т. е. соединения, которое постоянно встречается в моче животных и, следовательно, вырабатывается в живом организме. С легкой руки Велера химики начали затем готовить искусственно одно за другим все новые и новые органические соединения теми же приемами, которыми они пользовались обычно в своих лаборатори-

ях, т. е. без всякого участия какой-то выдуманной жизненной силы. Все яснее и яснее становилось, что никакой жизненной силы в действительности не существует и что соединения, встречающиеся в живых организмах, могут быть получены искусственным путем, как и неорганические, что и в живом организме имеют место законы химии, как и в неживой природе. И уже в середине прошлого столетия друг Велера, известный немецкий химик Либих (рис. 48) писал:

«...Они. изобретают нам самые несбыточные мнения и, создав слово «жизненная сила», видят в нем что-то чудное и объясняют им все явления, которых не понимают. Чем-то совершенно непонятым, неопределенным думают объяснить все то, что непонятно!.. Совершенно наперекор мнению, будто химическая сила¹ до такой степени подчинена жизненной, что деятельность ее ускользает от наших наблюдений, мы видим, например; в процессе дыхания полную деятельность химической силы кислорода в каждую секунду времени; с другой стороны, кислоты муравьиная и водяных жуков, щавелевая кислота, летучее масло из корня валерианы — конечно, суть продукты жизненного процесса, но спрашивается: произведения ли они жизненной силы?»

С помощью одной химической силы мы в состоянии произвести все эти соединения».

Таким образом с жизненной силой в химии раз и навсегда было покончено. Однако деление химии на химию органическую и химию неорганическую все же сохранилось и до сей поры. Почему? А вот почему.

В состав всех так называемых органических соединений входит углерод, который образует очень много самых различных и часто очень сложных соединений с другими элементами, главным же образом с водородом, кислородом и азотом. Соединений углерода с другими элементами гораздо больше, чем соединений всех остальных элементов между собою. Кроме того, соединения углерода обладают некоторыми особыми свойствами, которых нет у других соединений. Поэтому соединения углерода обычно удобнее изучать отдельно от соединений всех других элементов. Вот органической-то химией и называют

¹ Здесь Либих пользуется распространенным в те времена обыкновением называть причины различных явлений силами; в приводимом отрывке речь идет о химической энергии и методах химического воздействия на вещество.

ся теперь химия соединений углерода в отличие от химии всех других элементов—химии неорганической.

Из каких же соединений углерода строятся живые существа? Оказывается, что главными и важнейшими сортами этих соединений являются три: белки, жиры и углеводы.

Примером белков может служить яичный белок, который каждый знает. Белки—это самые сложные и изменчивые соединения, которые знает наука. Составляются они, главным образом, из углерода, водорода, кислорода, азота и серы; кроме того, в них нередко входит и фосфор в небольших количествах. Противный запах испорченного яйца зависит именно от содержащейся в его белках серы, которая, соединяясь при разложении белка с водородом, образует вонючий газ—сероводород. Молекула белков состоит из большого количества атомов (до десятков тысяч), чем и объясняется сложность их состава. Ведь большое количество атомов может соединяться между собой на многие лады по-разному и образовывать таким образом самые разнообразные соединения. Немудрено поэтому, что химики, умея теперь готовить бесчисленное количество разных органических соединений, получать искусственно белки до сих пор еще пока не научились. Но и здесь уже дело идет все-таки на лад, и если химики не умеют еще приготовить белка, то они умеют уже получать искусственно особые вещества—полипептиды, которые обладают многими свойствами белков. А раз так, то рано или поздно, значит, химики приготовят и самый белок.

Какое это имеет значение, ярко показывают следующие высказывания Энгельса:

«Условия существования белка бесконечно сложнее, чем условия существования всякого другого известного нам углеродного соединения, ибо здесь мы имеем дело не только с физическими и химическими свойствами, но и с функциями питания и дыхания, которые требуют вполне определенной в физическом и химическом отношении среды.

Жизнь—это форма существования белковых тел, существенным моментом которой является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой и которая прекращается вместе с прекращением этого обмена веществ, ведя за собой разложение белка»¹.

¹ Ф. Энгельс—Диалектика природы. Изд. 1936 г., стр. 23—29.

Белковые тела не всегда существовали на Земле, — они возникли на определенной ступени ее исторического развития из веществ неживой природы, когда создались благоприятные условия для этого. Вместе с тем возникли на Земле и первые живые организмы, существеннейшим свойством которых является обмен веществами с окружающей средой. Таким образом белковые соединения отличаются от всех других не только большей сложностью своего состава и строения молекулы, но и совершенно новым свойством, резко отличающим их от всех других химических соединений, — обменом веществ с окружающей средой. И значит, когда химии удастся создать искусственный белок, то тем самым будет искусственно произведен переход от неживого к живому, обладающему новыми свойствами, не встречающимися в неживой природе.

Жиры известны каждому. Говяжье или свиное сало, коровье масло, человеческий жир, деревянное, конопляное, подсолнечное масло и т. д. — все это различные сорта жиров животного или растительного происхождения. Состоят они из углерода, водорода и кислорода в разных соотношениях. При нагревании с каустической содой (едким натром), едким кали и т. п. они образуют мыло и глицерин, чем и пользуются при приготовлении мыла.

Крахмал, сахар и ряд других углеродных соединений называют в химии углеводами¹. Состоят они так же, как и жиры, из углерода, кислорода и водорода, но в других пропорциях, по-иному связанных друг с другом, и в природе также встречаются только в живых существах.

Из белков, жиров и углеводов состоит главная масса тела живого существа, если не считать, конечно, воды, которая составляет почти три четверти всего веса человеческого тела. Эти соединения безусловно необходимы для жизни. Других соединений, неорганических, в живом существе (за исключением воды) немного. Как же строятся эти сложные органические соединения?

В этом отношении есть огромная разница между животными и растениями. В то время как растение строит свои белки, жиры и углеводы из веществ, получаемых им из почвы и из углекислого газа воздуха, т. е. из веществ неорганических, животное этого делать не может. Животное способно вырабатывать свои белки, жиры и углеводы толь-

¹ Название это произошло оттого, что раньше думали, будто каждый углевод можно представить как бы составленным из углерода и воды. Впоследствии это оказалось неверным.

ко уже из готового материала, т. е. из соответствующих растительных веществ (животные травоядные), или из животных (животные плотоядные), или же, наконец, из тех и других (животные всеядные, к которым относится и человек). Если сообразить, что съеденное плотоядным животным другое животное все-таки получило свои белки, жиры и углеводы в конечном счете от растения, то нетрудно понять, что весь животный мир существует, значит, за счет растений и без них погиб бы в самое короткое время. Таким образом ясно, насколько тесно связаны между собой животный и растительный мир.

Мы уже видели, что выдыхаемый животными углекислый газ составляет чуть ли не главную пищу растений; но этого мало. Когда мы съедаем яйцо, масло, сахар или другую пищу, то из составляющих ее материалов в нашем теле вырабатываются человеческие белки, жиры и углеводы. Но они ведь не остаются в нашем теле навсегда, вплоть до самой смерти.

Жизнь организма заключается в постоянном обмене веществ с окружающей средой, который необходимо сопровождается разрушением клеток и тканей нашего тела и их новым созиданием. Кроме того, мы двигаемся, работаем, наше тело постоянно теплое, — для всего этого нужна энергия, которая получается за счет медленного окисления в нашем теле, главным образом, жиров и углеводов и за счет химической энергии других происходящих в нем химических процессов. Таким образом съедаемая нами пища является одновременно и материалом для постройки разрушившихся частиц нашего тела и источником, снабжающим энергией сложно устроенный человеческий организм. Все же продукты сгорания и все отбросы от разрушившихся частиц нашего тела, а также неиспользованные остатки принятой нами пищи, все это в виде выдыхаемого нами углекислого газа, мочи, пота, кала выделяется нами наружу. А ведь известно, каким хорошим удобрением для растений является навоз. Значит, все выделения животных после разложения, как и выдыхаемый ими углекислый газ, могут служить прекрасной пищей для растений.

Но и этого еще мало. Если животное для своего существования лишает жизни растения, то зато и само животное после своей смерти поддерживает жизнь растений. Тело животного после смерти разлагается на более простые вещества, которые просачиваются в землю и в концев концов опять-таки могут служить пищей для растений. На

Земле, следовательно, между животными и растениями идет постоянный обмен веществами.

Так ли, однако, все это?

Такие круговороты могут происходить только при том условии, что вещество не уничтожается бесследно и не создается вновь из ничего, но ведь это доказано, быть может, только для неживой природы? А что, если в живом теле под действием особых причин, в неживой природе не встречающихся, вещество создается из ничего или уничтожается бесследно? Можно ли доказать, что в действительности этого нет?

Можно, и наукой уже с достоверностью доказано.

Ученые делали такие опыты. Они помещали животное в особый ящик, в котором оно могло свободно дышать, двигаться, есть, пить, спать и т. д. Даваемые животному пища и питье предварительно тщательно взвешивались. Так же тщательно взвешивались и все выделения животного. Мало того. Необходимый для дыхания животного воздух проводился в ящик по особой трубке, причем точно определялось, сколько в этом воздухе кислорода, углекислого газа и водяного пара. По другой трубке медленно вытягивался из ящика воздух, служивший для дыхания животного, и в нем опять-таки точно определялось количество кислорода, углекислого газа и водяного пара. Кислорода в нем было, конечно, меньше, так как часть его ушла на дыхание животного, что же касается углекислого газа и водяного пара, то их количество прибавлялось благодаря образованию того и другого при процессе дыхания. Само животное тоже тщательно взвешивалось как перед началом опыта, так и после его окончания. Что же оказывалось?

Оказывалось, что вес всех веществ, потребленных животным (пища, питье и кислород), был иногда больше, иногда меньше, чем вес веществ, выделенных животным (моча, кал, углекислый газ, водяной пар), но разница в этих весах всегда точно соответствовала разнице в весе самого животного до опыта и после опыта. Если животное выделяло больше веществ, чем потребляло, то оно на столько же теряло в весе, и наоборот: если животное потребляло больше веществ, чем выделяло, то оно на столько же и прибавлялось в весе. А это значит, что и в живом существе вещество не пропадает бесследно и не создается вновь из ничего; так же, как и в неживой природе, оно меняет только свой вид, превращаясь в те или другие со-

единения, общее же его количество остается постоянным. Этот факт еще раз с убедительностью доказывает, что никакой особой жизненной силы в живых существах нет и что физико-химические законы продолжают сохранять свою силу и в живой природе.

Это не значит, конечно, что все явления в живых организмах исчерпываются физико-химическими законами. Нет, организм есть своеобразная форма существования материи, возникшая на определенной ступени исторического развития из неживой природы, организм представляет собой новое качество, как говорят философы. Поэтому и жизнь организма наряду с физико-химическими законами подчинена и своим особым закономерностям, в неживой природе не встречающимися. Разбирать эти закономерности не место в нашей книжке, а потому мы лишь отметим, что они тоже отнюдь не представляют собой ничего сверхъестественного и не оставляют места ни для какой жизненной силы.

Теперь скажем несколько слов о составе строительных материалов и «топлива» для человеческого тела, т. е. о пище. Много ли пищи надо здоровому нормальному человеку и какой?

Ученые высчитали, что для здорового человека весом в 65—70 килограммов при средней работе надо в день примерно:

Белков	100	граммов
Жиры	100	"
Углеводов	200	"
Воды	2 500	"
Солей (главн. обр. поваренной)	25	"

Все эти вещества (за исключением воды) приблизительно в приведенных количествах содержатся, например, в 3½ фунтах ржаного хлеба. Однако длительное употребление однообразной пищи бесполезно для здоровья, так как она будет в конце-концов перегружать желудок и плохо перевариваться. Кроме того, большинство видов пищи содержат много одних нужных для нас питательных веществ и очень мало других. В мясе, например, много белка, обычно более или менее достаточно жира, но почти нет углеводов. Картофель же, наоборот, состоит почти целиком только из крахмала, т. е. из углевода. Значит, от мяса мы не получим углевода, а от картофеля почти не получим белка. Научкой установлено, кроме того, что для пра-

вильного питания необходимо, чтобы одна треть белков нашей пищи была животного происхождения (в виде мяса, яиц, молока и т. п.), а две трети растительного (хлеб, овощи, картофель, бобы и пр.). Наиболее полезная, следовательно, для человека пища будет смешанная, разнообразная, в которую входят как животные, так и растительные продукты. Из такой пищи нашему телу легче всего вырабатывать сложные химические соединения, необходимые для жизни организма, и такая пища будет также служить наилучшим источником энергии для него. Детям полезнее потреблять больше животных белков, чем растительных.

В последние десятилетия была открыта еще одна важная составная часть нашей пищи, о значении которой раньше в лучшем случае только догадывались.

В прежние времена при длительных путешествиях, особенно на парусных морских судах, ввиду невозможности достать свежие продукты приходилось довольствоваться соленой и копченой пищей. При таких условиях очень скоро появлялась страшная болезнь — цынга, которая уносила много жертв. Знаменитый английский мореплаватель восемнадцатого столетия Джеймс Кук заметил, что возникновения цынги можно избежать, если вводить в пищевой паек солод, сгущенные пивные дрожжи, морковный «мармелад» и тому подобные продукты. Кроме того, во время остановок Кук заставлял своих матросов есть возможно больше свежих фруктов и овощей. И таким путем ему удавалось предохранять во время длительных путешествий экипаж своих кораблей от цынги.

Долгое время причина действия применявшихся Куком средств оставалась тайной для науки. И лишь около двух десятков лет тому назад эту тайну удалось разгадать. Оказалось, что цынга вызывается отсутствием в пище небольшого количества особого органического вещества, называемого теперь витамином С¹. Этот витамин содержится главным образом в свежих овощах — капусте, моркови и т. п. и в плодах — яблоках, апельсинах, лимонах и пр.² Однако при солении или сушке этих овощей и плодов витамин С разрушается, что и являлось причиной цынги при отсутствии свежей пищи.

¹ С — латинская буква, произносится «цэ».

² Его много и в некоторых дико растущих растениях, например, в плодах шиповника, в хвое сосны и ели и др.

Потом выяснилось, что в пище должен быть целый ряд таких веществ, различных витаминов, отсутствие которых вызывает разные заболевания. Витамины действуют на живой организм в очень малых количествах, большинство из них являются нестойкими соединениями, легко разрушающимися от нагревания и других причин. Источниками витаминов, кроме свежих растительных продуктов, являются также свежие мясо, яйца, молоко, масло и т. д.

Открытие витаминов подтвердило еще раз прежние взгляды о полезности для человека разнообразной, смешанной пищи, в состав которой при всякой возможности нужно вводить свежие овощи и фрукты. В настоящее время научились добывать многие витамины в концентрированном виде, а некоторые из них уже получены химиками и искусственно.

18. Круговорот вещества в природе

Итак, мы видели, что и в живых организмах постоянно идут химические изменения веществ, что жизнь связана с непрерывным обменом веществ между организмами и неживой природой. Химические элементы в природе находятся в вечном изменении и движении, атомы их по-разному связываются друг с другом, переходя из одного химического соединения в другое или образуя простые вещества, если связываются атомы одинаковых элементов.

В природе постоянно происходит великий круговорот вещества, с некоторыми примерами которого мы уже познакомились.

Возьмем окружающий нас воздух, главными составными частями которого являются азот и кислород. На стр. 55—57 был описан тот круговорот, в котором участвует азот, химический элемент, являющийся неременной составной частью носителя жизни — белка.

В постоянном движении и изменении находятся и атомы другой составной части воздуха — кислорода. Вы сделали вдох, и часть кислорода воздуха, поглощенная вашей кровью, вместе с ней разнеслась по всему вашему телу. Здесь кислород вступил в химическое взаимодействие с различными веществами организма. В конечном счете его атомы оказались химически связанными с атомами углерода в виде углекислого газа, который при выдохе рассеялся в воздухе и дошел в конце-концов до зеленого

растения. После ряда превращений из растения в воздух снова выделился свободный кислород.

Мало того, кислород воздуха всегда принимает участие в процессах горения, в процессах окисления, происходящих в неживой природе. Есть, несомненно, и в неживой природе процессы, при которых происходит выделение свободного кислорода.

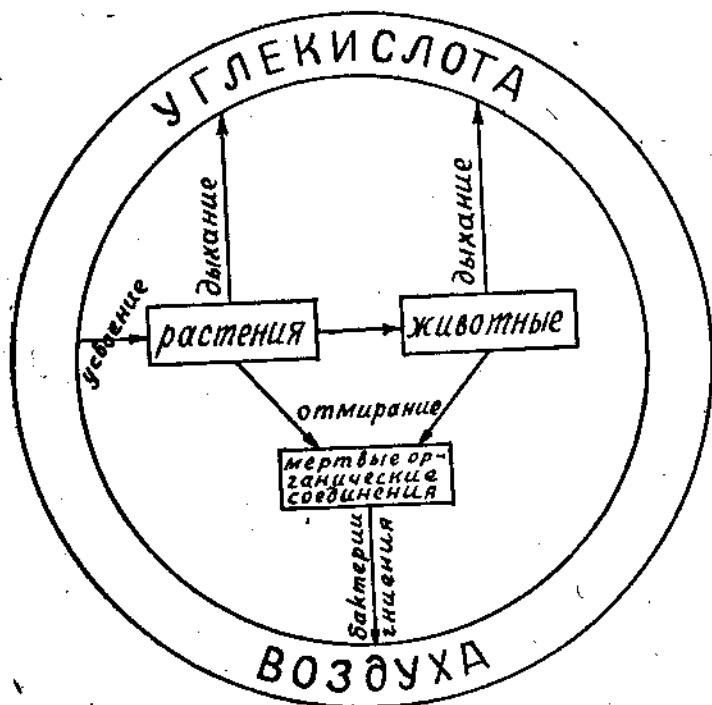


Рис. 49. Круговорот углерода.

Таким образом в воздухе, который окружает Землю сегодня, атомы азота и кислорода не те, которые были в нем раньше, и они не останутся навсегда в воздухе в будущем.

Постоянный круговорот совершают и атомы углерода, этого элемента жизни. Животные все время обмениваются ими с растениями и растения с животными (рис. 49). Пути этого круговорота читателю будут ясны, если он вспомнит сказанное о питании растений на стр. 48.

Но если вдуматься хорошенько во все эти явления, то будет ясно, что при некоторых из них вещество все-таки не пропадает бесследно. Пылинки и песчинки от скалы рассыются в разные места по земле, попадут частью в речки, унесутся в море, чтобы осесть там на долгое, долгое время. Скалы уже нет, составлявшие ее частички рассеялись, но не пропали: где-нибудь они все-таки находятся. Частички железа или стали от изнашивающейся машины тоже не пропали, они только разлетелись в разные стороны, осели, быть может, на пол мастерской, выметены с сором и так далее.

Ну, а как же дело обстоит с папиросой? Ведь тут не просто разлетаются в разные стороны частицы самой папиросы, здесь происходят и химические изменения вещества: папироса сгорает, окурок истлевает. Сохраняются ли все-таки атомы вещества при химических изменениях, остается ли вес этих атомов таким же, каким был?

Что при сгорании разных веществ общий вес получающихся продуктов не только не меньше, а даже больше веса сгоревшего вещества, об этом нам пришлось уже говорить выше. Там же мы разобрались и в том, откуда взялась эта прибавка: от веса соединившегося с горевшим веществом кислорода. Значит, в случае горения никакой пропажи вещества, никакого его бесследного исчезновения нет. Ну, а в случае других химических превращений?

Вот маленький опыт, который дает вразумительный ответ на этот вопрос. В стеклянный стаканчик наливается немного меньше чем наполовину вода, в которой растворена поваренная соль. Раствор соли совершенно чистый и прозрачный. В другой стаканчик наливается столько же чистого и прозрачного раствора ляписа, того вещества, которое доктора употребляют иногда для прижиганий. Ляпис — химическое соединение серебра, азота и кислорода. Оба стаканчика ставятся на одну чашку чувствительных весов и точно уравниваются гирьками (рис. 42). После этого содержимое одного стаканчика осторожно выливают в другой, а пустой стаканчик сейчас же ставят обратно на весы (рис. 43). Но что это такое? После того как слиты вместе оба чистых прозрачных раствора, в них получился густой белый творожистый осадок, который уже не растворяется в воде, а постепенно оседает на дно.

В стаканчике произошло химическое превращение веществ. Раньше в одном растворе была соль, т. е. химическое соединение натрия и хлора. В другом растворе был

ляпис — химическое соединение серебра, азота и кислорода. Если исследовать теперь получившийся при сливании раствора белый осадок, то окажется, что он является химическим соединением серебра и хлора. Химически соединенные серебро и хлор образовали новое вещество — хлористое серебро. А если выпарить раствор, в котором образовался этот осадок, то останется белый порошок азотнокислого натрия, другими словами — селитры, химического соединения натрия, азота и кислорода. Как мы видим, из двух веществ — поваренной соли

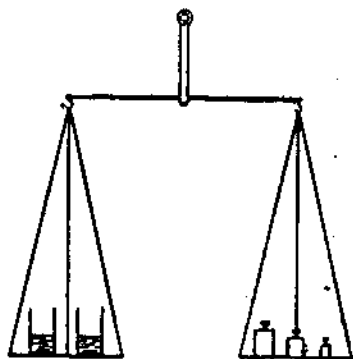


Рис. 42. В обоих стаканчиках налиты разные растворы.

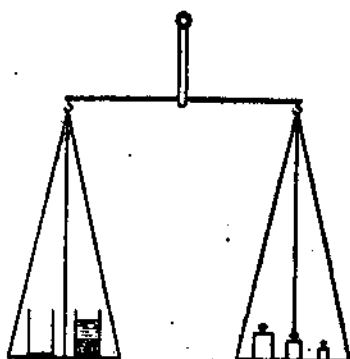


Рис. 43. После сливания растворов образовался осадок, но равновесие обеих чашек весов не нарушилось.

и ляписа (азотнокислого серебра) — получились два новых вещества — хлористое серебро и селитра. Но изменился ли при этом общий вес участвовавших в превращениях веществ? Ничуть. После превращения обе чашки весов стоят совершенно так же ровно, как и раньше.

Точно такие же результаты получаются от взвешивания при всяких химических превращениях, где бы и когда бы они ни происходили, какие бы вещества ни были взяты для опыта. Всегда общий вес участвующих в превращениях веществ остается один и тот же. Это проверено самыми точными и тонкими опытами. Молекулы сложных веществ распадаются на атомы, атомы опять соединяются друг с другом, но по-другому, образуя молекулы других сложных веществ. И ни один атом при этом не пропадает бесследно, не изменяется также и его вес.



Рис. 44. Михайло Васильевич Ломоносов (1711—1765).

Но атомы углерода на Земле вовлекаются и в еще более обширный круговорот. Ученые предполагают, что в древние времена истории Земли земная атмосфера была богаче содержанием углекислого газа, чем теперь, а земная кора обладала гораздо более высокой температурой. По мере остывания земной коры и образования на земном шаре жидкой воды (при высокой температуре вода содержалась в виде водяного пара в атмосфере) углекислый газ и влага начали химически действовать на те вещества, из которых состояла первичная земная кора. При этом образовывались особые вещества, так называемые углекислые соли, примером которых могут служить всем известные сода (углекислая соль натрия), поташ (углекислая соль калия) или известняк, мрамор, мел (углекислые соли кальция) и др. Часть этих солей накапливалась в почве, часть же растворялась водой и смывалась в моря и океаны. Такие процессы происходят и в настоящее время.

Попавшие в море углекислые соли вступают там в различные химические взаимодействия. В частности растворимые углекислые соли кальция и магния используются морскими животными, например, для построения раковин и т. п. При этом частично выделяется свободный углекислый газ, и растворимые углекислые соли превращаются в нерастворимые в воде. После смерти таких животных их оболочки падают на дно, образуя меловые отложения, или остаются в море в виде коралловых рифов и т. п. Эти отложения при отступании моря попадают на сушу, здесь они под совместным влиянием углекислого газа и влаги снова частично превращаются в растворимые соединения, опять смываются в море и т. д.

Кроме того, углекислый газ выделяется из земной коры во время вулканических извержений, а также во многих природных газовых источниках. Этот газ поступает в атмосферу и принимает потом деятельное участие в великом круговороте углерода на Земле.

Вовлекаются все время в круговорот и атомы фосфора — элемента, также имеющего важное значение для жизни. Немецкий ученый Молешотт сказал, что «без фосфора нет мысли». Действительно, фосфор (в виде химических соединений) является одним из необходимейших элементов для нашего питания и имеет исключительное значение в нервной и умственной деятельности человека, он идет также на построение костей и т. д. Но и те атомы фосфора,

без которых невозможна ответственнойшая работа нашего мозга, побывали раньше в растениях, в почве, в других животных (рис. 50).

Основными запасами фосфора в природе являются минералы, содержащие фосфор, главным образом так называемые апатиты, кристаллы которых вкраплены в различные горные породы. Обычно такие минералы рассеяны в небольших количествах среди других пород, но иногда они встречаются огромными залежами, как, например, у нас в Хибинских тундрах на Кольском полуострове.

Фосфорные соединения апатитов почти нерастворимы в воде и потому мало усваиваются растениями. Но такие соединения (фосфаты) все же постепенно переходят в раствор под влиянием воды, содержащей растворенный углекислый газ, или под влиянием кислых соков, выделяемых корнями растений. Часть растворимых фосфатов уносится водой в конце-концов в море, где они поглощаются морскими организмами и превращаются в последних в органические соединения. Часть непосредственно переходит из почвы в растения. Большую роль в переводе нерастворимых фосфатов в растворимые играют также различные почвенные бактерии — мельчайшие, не видимые невооруженным глазом простейшие организмы. Растворимые фосфаты почвы легко усваиваются растениями и входят там в состав сложных органических соединений. Вместе с растениями атомы фосфора попадают в организмы животных, где образуют животные фосфорные соединения. Выделения животных, содержащие среди других веществ и фосфор, а также отмершие растения и животные попадают в почву, где их фосфорные соединения частично снова вовлекаются в круговорот живой природы, частично же под влиянием особых бактерий опять переходят в нерастворимые фосфаты...

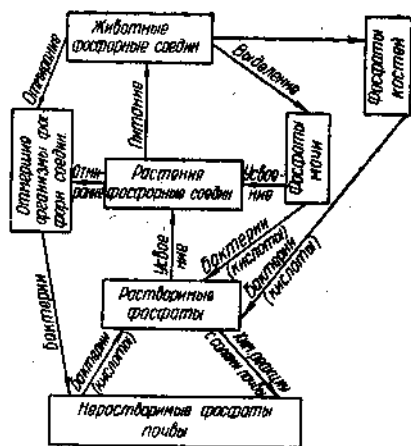


Рис. 50. Круговорот фосфора.

Так идет этот постоянный круговорот фосфора. Извест-

ный наш ученый академик А. Е. Ферсман говорит в связи с этим о хибинском апатите (который, как мы знаем, идет на изготовление удобрений):

«Каждый гражданин СССР... с каждым куском хлеба, взятым в рот, проглотит около 50 000 000 000 000 000 атомов фосфора, пришедшего далеким и сложным путем из полярного рудника Кукисвумчорра!.. Да, каждый кусочек хлеба, волокно льняной материи, хлопчатобумажная рубашка содержит атомы апатита, и даже сахар в нашем чае живет нашим хибинским апатитом!»

Много примеров круговорота и других химических элементов на Земле можно было бы привести здесь, но мы ограничимся еще только одним.

Все знают и о д, который употребляется для обеззараживания порезов, ран и т. п., но далеко не все знают, что чистый иод при обычных температурах является твердым веществом и представляет собой кристаллы стально-серого цвета (тот «иод», с которым мы обычно имеем дело, — это раствор иода в спирте). И еще меньше кто знает, что иод, хотя и в очень небольших количествах, необходим для правильной деятельности нашего организма. Оказывается, что недостаток иода в пище и в питьевой воде ведет к заболеванию зобом, а иногда даже и к слабоумию, как это наблюдается среди жителей горных стран (например, в Швейцарии), которые пьют главным образом воду, получающуюся от таяния ледников и лишенную или почти лишенную иода.

Минералы, содержащие химические соединения иода, очень рассеяны в природе, т. е. нигде не скопляются в сколько-нибудь значительных количествах. При выветривании таких минералов (т. е. при разрушении их под влиянием воды, воздуха и т. д.) иод попадает частично в море. Часть его усваивается морскими организмами (особенно некоторыми морскими водорослями), часть же увлекается испаряющейся морской водой в атмосферу и с дождем и снегом попадает в почву, а отсюда в организмы растений и животных.

Так идет этот величественный круговорот элементов на земном шаре. И какая тесная связь раскрывается между каждым живым существом и всем миром!

Вы съели кусок хлеба, приготовленный из муки, привезенной откуда-нибудь с Украины. Те частицы углерода, которые будут усвоены вашим телом из этого хлеба и войдут в состав того, что вы называете своим «я», были

когда-то в колосьях украинской пшеницы. А украинская пшеница получила эти частицы из углекислого газа воздуха. Те молекулы углекислого газа, которые были разложены на атомы углерода и кислорода в зеленом листе пшеницы, до этого, быть может, долго носились в воздухе, после того как они образовались в результате дыхания какого-либо животного где-нибудь в отдаленном уголке земли. Через некоторое время эти частицы углерода сгорят в вашем теле, снова соединятся с кислородом и в виде углекислого газа будут долго носиться прихотливыми течениями воздуха, пока опять-таки не войдут в состав какого-либо растения, быть может, совсем на другом конце земного шара.

В воздухе носится бесчисленное количество частиц азота рядом с частицами кислорода. Вдруг пронеслась гроза, ударила молния, и под ее влиянием некоторые частицы азота соединились с частицами кислорода, растворились в каплях дождя и попали вместе с ним в землю. Из земли их вытянуло растение, в теле которого они преобразовались в другие вещества. Растение может быть съедено животным, и частицы азота, побывав в составе тела животного, в конце-концов выделятся оттуда, попадут снова в почву, снова в растение, снова в животное и т. д. А может быть, те молекулы, составной частью которых они являются, будут разложены в почве особыми бактериями, и свободные частицы азота снова вырвутся в воздух. Быть может, случай занесет их в высочайшие слои воздуха, откуда они могут унести в бездны мирового пространства, чтобы там на неизмеримых расстояниях от нас снова принять участие в построении новых веществ, быть может, даже и неведомых нам живых существ...

«Смерть или разложение отжившего поколения служит источником жизни для нового,—говорит Либих.—Тот самый атом углерода, который, как составная часть мышечных волокон, проводит кровь по сосудам в сердце одного человека, был, быть может, составной частью сердца кого-нибудь из его предков. Атом азота в нашем мозгу был, быть может, составной частью мозга египтянина или негра. Как дух настоящего поколения людей получает пищу, служащую для его развития и образования, из произведений духовной деятельности прошедшего мира, так и элементы тела отжившего поколения могут передаваться и делаться составными частями собственного нашего животного тела».

Каждая частичка нашего тела была когда-то в составе других веществ, и каждая из них будет принимать участие в постоянном круговороте материи во вселенной. Природа едина, а материя, ее составляющая, находится в постоянном изменении и превращении, в постоянном круговороте. Всякое живое существо, и человек в том числе, является лишь ничтожной частицей природы и подчинено ее законам. Значение этого круговорота гениально выражено словами Энгельса:

«Материя движется в вечном круговороте, завершающем овою траекторию¹ в такие промежутки времени, для которых наш земной год не может служить достаточной единицей; в круговороте, в котором время наивысшего развития, время органической жизни и еще более жизни сознательных существ столь же скудно отмерено, как пространство в жизни и в самосознании; в круговороте, в котором каждая отдельная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща, и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения» (Ф. Энгельс — Диалектика природы. Изд. 7, стр. 99).

Чтобы лучше понять продолжение этих замечательных слов Энгельса, которое будет приведено в нашей книжке позже, нам надо еще глубже проникнуть в тайны строения вещества, а для этого предварительно познакомиться с основами интернационального языка химиков и с некоторыми важными законами, касающимися химических элементов.

19. Интернациональный язык химиков

Да, у химиков существует такой язык, который понятен человеку любой национальности, изучавшему химию на любом языке. Знание самых первоначальных основ этого языка нам скоро понадобится, а кроме того каждому, кто захочет подробнее изучить химию, будет полезно для чтения и понимания других книжек по химии изучить основы химического языка.

В химии химические элементы обозначаются коротко одной или двумя латинскими буквами, являющимися на-

¹ Путь.

чальными буквами их латинских или греческих названий. Так, например, водород обозначается буквой H (произносится «аш» или «ха»), кислород O (о), азот N (эн), фосфор P (пэ), медь Cu, железо Fe и т. д. В приложении I приведен список всех известных до сих пор химических элементов с их химическими знаками (называемыми также символами) и атомными весами. Эта таблица будет в дальнейшем полезна читателю для справок.

Каждый элемент, значит, имеет свой особый значок. Если написан значок H, то каждый химик, — немец, англичанин, русский, японец — все равно, — знает, что речь идет о водороде. Но мало этого.

Каждый химик знает при этом, что речь идет не о водороде вообще, а об одном атоме водорода. Значок H обозначает один атом водорода.

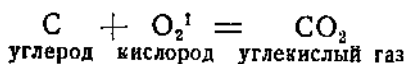
Когда надо обозначить молекулу какого-нибудь сложного химического вещества, то пишут рядом знаки тех элементов, из которых состоит это вещество. Например, молекула окиси углерода состоит из одного атома углерода (C) и одного атома кислорода (O). Знак окиси углерода, или, как говорят, ее формула, будет CO. Молекула поваренной соли состоит из одного атома натрия (Na) и одного атома хлора (Cl), ее формула — NaCl.

Ну, а как делается, когда в состав молекулы сложного вещества входят между другими и несколько одинаковых атомов, т. е. несколько атомов одного и того же элемента? В таких случаях поступают очень просто: справа внизу значка соответствующего элемента пишут маленькую цифру, показывающую число атомов этого элемента в соединении. Вода, например, состоит из двух атомов водорода (H) и одного атома кислорода (O). Формула воды будет, следовательно, H_2O (читается «аш два о»). Молекула серной кислоты состоит из двух атомов водорода (H), одного атома серы (S) и четырех атомов кислорода (O); ее формула — H_2SO_4 (читается «аш два эс о четыре»). Селитра (чилийская) состоит из одного атома натрия (Na), одного атома азота (N) и трех атомов кислорода (O); ее формула — $NaNO_3$ (читается «натрий эн о три»).

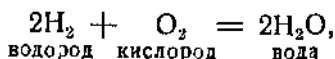
Когда надо показать, что речь идет не об одной молекуле какого-нибудь вещества, а о нескольких, то перед формулой этого вещества ставят большую цифру, показывающую число молекул этого вещества. Так, $2H_2SO_4$ значит две молекулы серной кислоты, $3NaNO_3$ — три молекулы натриевой селитры, $5H_2O$ — пять молекул воды и т. д.

Химический язык дает очень удобное средство коротко выражать различные химические изменения веществ, химические реакции. Для выражения таких изменений употребляют так называемые химические уравнения (правильнее равенства).

Например, при сгорании угля в кислороде или в воздухе получается углекислый газ. Уравнение, выражающее это превращение веществ, будет такое:



Когда взрывается смесь водорода и кислорода, то образуется вода:



т. е. две молекулы водорода соединяются с одной молекулой кислорода и дают две молекулы воды.

При растворении серного ангидрида в воде образуется серная кислота:



На чем же основываются химики при составлении таких уравнений, что дает им право ставить знак равенства между левой и правой частями этих уравнений? Подумав, читатель, наверное, сообразит, что это право дает закон сохранения вещества. Ни один атом при превращении веществ не пропадает: какие были атомы в левой части уравнения, такие же должны остаться и в правой, сколько их было в левой, столько же будет и в правой — ни одним больше и ни одним меньше. Количество атомов не меняется, меняются только их различные комбинации друг с другом, т. е. они по-разному соединяются друг с другом.

Если вспомнить при этом, что постоянным остается также и атомный вес, то легко видеть, что формула сложного химического вещества показывает одновременно и его молекулярный вес. Атомный вес углерода—12, кислорода—16, значит, молекулярный вес окиси углерода (CO) равен 28. В молекуле углекислого газа один атом углерода и два атома кислорода, — молекулярный вес углекислого газа

¹ Молекулы некоторых простых веществ (например, кислорода, водорода и других) состоят из двух атомов.

будет $12 + 2 \cdot 16 = 44$. Молекулярный вес серной кислоты (H_2SO_4) будет $1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98$ (атомные веса здесь мы берем в округленных цифрах).

Вот основы интернационального языка химиков, дающего возможность просто, коротко и понятно для каждого, знающего этот язык, записывать разные превращения веществ друг в друга.

20. Периодическая система элементов

Мы уже довольно далеко проникли в тайны строения вещества и узнали, что все вещества в природе строятся из мельчайших атомов химических элементов. Подсчитайте теперь по списку элементов в приложении I их число. Вы увидите, что в настоящее время нам известно 90 химических элементов. Это не так мало. И сам собой является вопрос: нельзя ли привести в какой-нибудь «порядок» эти элементы, систематизировать их, разбить на определенные группы?

Мы познакомились раньше с разделением химических элементов на две большие группы: 1) группу металлов и 2) группу неметаллов, или металлоидов (см. стр. 67). К металлам относятся примерно три четверти всех элементов, и лишь одна четверть — к металлоидам. Теперь посмотрим, нельзя ли разбить химические элементы на группы по каким-либо другим признакам и подметить при этом определенные закономерности.

Такую разбивку химии пробовали делать уже давно. Например, еще в 1829 году немецкий химик Деберейнер заметил, что если сгруппировать некоторые сходные по свойствам химические элементы в тройки («триады»), то атомный вес среднего элемента в тройке будет приблизительно равен половине суммы атомных весов двух крайних элементов. Вот некоторые из триад Деберейнера:

хлор (Cl)	литий (Li)	сера (S)
бром (Br)	натрий (Na)	селен (Se)
иод (J)	калий (K)	телур (Te)

Пользуясь приложением I, попробуйте проверить правильность утверждения Деберейнера. Как мы увидим позже, элементы, объединенные здесь в тройки, действительно имеют много сходства между собой.

Нужно, однако, сказать, что долгое время подобные попытки систематизации химических элементов не давали существенных результатов, и лишь в 1869 году нашему ге-

ниальному русскому химику Дмитрию Ивановичу Менделееву (рис. 51) удалось открыть «периодический закон» — важнейший закон современной химии.

В чем же заключается этот закон?

Чтобы понять это, рассмотрим «Периодическую систему химических элементов» (см. приложение II), в которой элементы расположены Менделеевым в порядке возрастающих атомных весов, т. е. начиная с самого легкого — во-

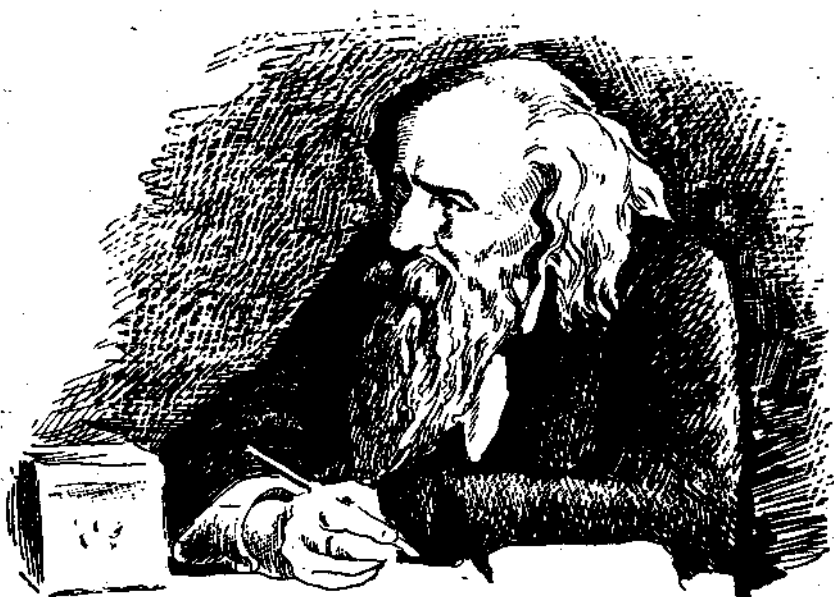


Рис. 51. Д. И. Менделеев (1834—1907).

дорода¹. Для ясности выпишем здесь друг под другом химические символы второго и третьего периодов:

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

В верхнем ряду у нас расположились элементы (слева направо) литий, бериллий, бор, углерод, азот, кислород, фтор и неон, а в нижнем — натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор и аргон.

¹ В то время когда Менделеев создавал свою систему, многие из известных теперь элементов еще не были открыты, и потому таблица имела несколько иной вид.

Рассмотрим теперь некоторые пары из этих элементов, стоящих друг под другом.

В первой паре у нас расположены литий и натрий. Оба эти элемента — легкие металлы, которые нужно хранить в керосине, так как на воздухе они быстро соединяются с кислородом и окисляются. Если эти металлы бросить в воду, то происходит энергичная реакция, в результате которой выделяется водород и образуются сильные едкие щелочи (LiOH или NaOH); одно из этих соединений, а именно едкий натр (NaOH), вы, вероятно, знаете под именем каустической соды. По ряду других свойств литий и натрий также сходны друг с другом.

Возьмем теперь пару элементов с другого края нашей таблички — неон и аргон. Оба эти элемента — металлоиды, бесцветные газы, не имеющие запаха, они содержатся в очень небольших количествах в воздухе. Если вы видели в Москве или другом большом городе световые надписи и рекламы, составленные из цветных светящихся трубок, то знайте, что в оранжево-красных трубках содержится неон, а в синих — аргон; они светятся цветным светом при прохождении через них электрического разряда. Неон и аргон принадлежат к числу так называемых инертных или «благородных» газов, они отличаются крайней химической пассивностью и, как правило, не вступают в химические соединения с другими элементами. Таким образом и эти два элемента имеют тоже много сходных свойств.

Рассмотрим теперь еще какую-нибудь пару элементов, например азот и фосфор. Азот, как вы знаете, бесцветный газ, не имеющий запаха и не поддерживающий горения; по количеству он является главной составной частью воздуха. Фосфор — это твердое вещество, известное в нескольких видоизменениях, основными из которых являются белый фосфор и красный фосфор. Белый фосфор очень легко воспламеняется и сильно ядовит, красный же фосфор, употребляемый, например, в смеси с другими веществами для намазки боковых поверхностей спичечных коробок, воспламеняется гораздо труднее и не ядовит.

Как будто бы никакого сходства по свойствам между азотом и фосфором нет? Однако это не так: по своим химическим свойствам эти элементы очень похожи друг на друга. Например, молекула важнейшего соединения азота с водородом — аммиака состоит из одного атома азота и трех атомов кислорода (химическая формула NH_3);

подобно этому и фосфор образует соответствующее соединение с водородом — фосфористый водород PH_3 . Важнейшим соединениям азота с кислородом N_2O_3 и N_2O_5 соответствуют соединения фосфора P_2O_3 и P_2O_5 , азотной кислоте HNO_3 — метафосфорная кислота HPO_3 и т. д. Нужно вообще заметить, что в периодической системе элементов играет главную роль именно химическое сходство внутри отдельных групп элементов.

Если бы мы продолжали и дальше рассмотрение свойств стоящих друг под другом элементов в нашей табличке на стр. 109, то увидели бы, что в каждой паре находятся элементы сходные по свойствам, особенно химическим. Наоборот, у стоящих рядом элементов свойства все время от одного к другому меняются. От типичных металлов лития и натрия мы постепенно переходим к таким типичным металлоидам, как фтор и хлор и наконец к благородным газам неону и аргону.

Таким образом мы наблюдаем замечательное явление. По мере увеличения атомного веса свойства химических элементов скачкообразно меняются, — количество переходит в качество, как говорят философы. Но если мы отсчитаем от какого-нибудь элемента 8 элементов, то следующий дальше элемент будет уже в общих чертах повторять свойства того, с которого мы начали наш отсчет. Свойства меняются периодически, т. е. через определенные промежутки они в общих чертах повторяются.

Если вы внимательно посмотрите теперь еще раз на таблицу периодической системы, то увидите, что начиная с 4-го ряда дело несколько усложняется: там свойства повторяются уже не у каждого 8-го, а у каждого 18-го элемента (например, сходные с калием K элементы будут рубидий Rb и цезий Cs). Но некоторые свойства и здесь повторяются у каждого восьмого элемента. Поэтому в таблице четвертый и следующие «периоды» содержат уже не по одному, а по два «ряда». В VIII группе каждое место занимает тройка сходных между собой элементов. В восьмом ряду между барием (Ba) и гафнием (Hf) вклинивается группа чрезвычайно сходных друг с другом редкоземельных элементов.

«Свойства простых тел, а также форма и свойства соединений находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов», — так формулировал Менделеев в 1869 г. закон периодичности, легший в основу периодической системы химических элементов. Как мы

увидим позже, в настоящее время этот закон формулируется несколько иначе, что, однако, отнюдь не умаляет огромной научной заслуги Менделеева, открывшего периодический закон.

На основании своего открытия Менделеев не только исправил атомные веса некоторых элементов, но и точно предсказал существование и свойства трех тогда еще неизвестных элементов, которые носят теперь названия скандий, галлий и германий. Открытие впоследствии этих элементов и удивительное совпадение их свойств с предсказанными ясно показало, что периодическая система химических элементов является не просто удачной группировкой, а отражает великий закон природы, лежащий в основе истории развития химических элементов. После открытия элемента галлия Ф. Энгельс писал: «Мы знаем теперь, что химические свойства элементов являются периодической функцией атомных весов..., что следовательно их качество обусловлено количеством их атомного веса. Это удалось блестящим образом подтвердить. Менделеев показал, что в рядах сродных элементов, расположенных по атомным весам, имеются различные пробелы, указывающие на то, что здесь должны быть еще открыты новые элементы. Он наперед описал общие химические свойства одного из этих элементов, — названного им экаалюминием, потому что в соответствующем ряду он следует непосредственно за алюминием, — и предсказал приблизительно образом его удельный и атомный вес... Несколько лет спустя Лекок-де-Буабодран действительно открыл этот элемент, и оказалось, что предсказания Менделеева оправдались с незначительными отклонениями: экаалюминий воплотился в галлий... Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту¹ еще неизвестной планеты — Нептуна» (Энгельс — Диалектика природы. Изд. 7, стр. 128—129).

Мы только что сказали, что периодическая система отражает великий закон природы, лежащий в основе истории развития химических элементов. В чем же заключается этот закон?

Чтобы ответить на этот вопрос, нам надо узнать, чем объясняется периодическая повторяемость свойств хими-

¹ Путь планеты вокруг Солнца.

ческих элементов. Во времена Менделеева это оставалось еще загадкой, но современная наука имеет уже вполне удовлетворительный ответ на такой вопрос. Разгадать удивительные закономерности, выражаемые периодической системой, позволяет современное учение о строении атомов химических элементов.

«Атом» по-гречески значит «неделимый». И долгое время атомы химических элементов действительно считали пределом делимости вещества, постоянными неразрушимыми частичками, так сказать, основными кирпичиками мироздания. Однако открытие и изучение удивительного элемента радия и так называемых радиоактивных веществ с несомненностью показали, что такой взгляд был ошибочным.

21. Радий

В 1895 году немецкий ученый Рентген (рис. 52) открыл удивительные лучи, которые потом названы были по его имени рентгеновскими и которые теперь употребляются врачами для просвечивания и фотографирования внутренних органов тела, а техниками для исследования металлических изделий с целью обнаруживания внутри них различных дефектов. Эти невидимые глазом лучи обладают способностью проникать в большей или меньшей степени — в зависимости от плотности вещества — сквозь непрозрачные для обычного света тела, действовать на фотографическую пластинку, вызывать свечение некоторых веществ и т. д.

Весть об открытии рентгеновских лучей взволновала ученый мир, и многие ученые занялись их исследованием. В числе этих ученых был и французский физик Анри Беккерель (рис. 53). Он задался, между прочим, таким вопросом:



Рис. 52. Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923).

Если рентгеновские лучи вызывают свечение некоторых веществ, то может быть и наоборот, — вещества, которые сами обладают способностью светиться при действии на них света (такие вещества называются флюоресцирующими), обладают способностью и испускать рентгеновские лучи?

Чтобы получить ответ на этот вопрос, Беккерель начал исследовать различные флюоресцирующие, т. е. светящиеся под влиянием освещения, вещества. И вот в 1896 году он обнаружил удивительный факт.

Обычно при своих работах Беккерель прикреплял флюоресцирующее вещество поверх завернутой в черную бумагу и, следовательно, хорошо защищенной от действия света фотографической пластинки и выставлял на солнечный свет. Но раз он взял из своего шкафа защищенную от света пластинку, на которой лежал кусочек минерала, содержащего соединения элемента урана, и положил ее в проявитель. К удивлению Беккереля пластинка под тем местом, где лежал урановый минерал, почернела! Почему же этот факт показался Беккерелю удивительным?



Рис. 53. Анри Беккерель (1852—1908).

Как известно, фотографическая пластинка покрыта слоем, содержащим такие соли серебра, которые под действием света разлагаются с выделением черного порошка металлического серебра. Проявители же — это вещества, ускоряющие выделение черного порошка серебра на тех местах фотографической пластинки, на которые действовал свет.

Но в том-то и было все дело, что на пластинку с помещенным на нее урановым минералом свет не действовал.

Беккерель приготовил ее для опыта, но из-за длительной пасмурной погоды не мог выставить ее на солнечный свет.

После этого Беккерель уже нарочно положил на хорошо защищенную свежую фотографическую пластинку кусок уранового минерала. Проявив через некоторое время пластинку в проявителе, он снова нашел почернение.

И сколько раз Беккерель ни повторял свои опыты, всегда получались те же самые результаты. Это показывает, что урановый минерал испускает какие-то необыкновенные, невидимые глазом лучи, которые проходят через дерево, тонкие металлические пластинки, плотную черную бумагу и т. п., т. е. через вещества, для обыкновенного света непроницаемые.

Что же это за лучи — быть может рентгеновские?

Нет, это не рентгеновские лучи, что удостоверяется хотя бы таким фактом: при снимании кисти руки с помощью рентгеновских лучей на снимке видны кости, а при снимании с помощью новых лучей замечен только контур кисти.

Вновь открытые лучи называли радиоактивными. Радиоактивность по-русски значит способность испускать лучи (радиус — по-латыни луч, активный — деятельный).

Беккерель делал свои опыты не только с урановыми минералами, но и с разными другими соединениями элемента урана и при этом находил, что все они радиоактивны. Но в то время как радиоактивность соединений урана, т. е. способность их испускать особые лучи, была сравнительно слабая, радиоактивность естественного уранового минерала — смоляной обманки оказывалась гораздо сильнее.

Почему?

Очевидно потому, что в смоляной обманке, кроме соединений урана, содержится еще примесь какого-то другого вещества, гораздо более радиоактивного, чем сам уран. И вот это таинственное вещество начали отыскивать в смоляной обманке полька Мария Склодовская-Кюри (рис. 54) вместе со своим мужем — французом Кюри (рис. 55).

Не в легких условиях пришлось работать супругам Кюри. Для достижения цели им надо было химически переработать несколько тонн урановой руды. «Особенно важен был вопрос о помещении, — пишет в своих воспоминаниях М. Кюри. — Мы не знали, где нам можно вести химическую переработку. Пришлось организовать

ее в заброшенном сарае... Это был барак из досок, с асфальтовым полом и стеклянной крышей, недостаточно защищавшей от дождя, без всяких приспособлений; в нем были только старые деревянные столы, чугунная печь, не дававшая достаточно тепла, и классная доска, которой так любил пользоваться Пьер Кюри. Там не было вытяжных шкафов для опытов с вредными газами; поэтому приходилось делать эти операции на дворе, когда позво-



Рис. 54. М. Склодовская-Кюри
(1867—1934).



Рис. 55. Пьер Кюри
(1859—1906.)

ляла погода, или же в помещении при открытых окнах. В этой «богатой» лаборатории мы работали почти без помощников два года, ведя сообща как химическую обработку, так и изучая излучения получаемых нами все более и более радиоактивных продуктов».

И вот в 1898 году старания Кюри увенчались успехом. После сложной и трудной работы им удалось добыть очень небольшое количество чистого соединения нового радиоактивного вещества — радия. С каким трудом был достигнут этот успех, можно видеть хотя бы из того, что супругам Кюри пришлось переработать почти десять тысяч килограммов урановой смоляной обманки, чтобы получить из этого огромного количества около четырех граммов соединения радия. Впоследствии удалось выде-

лить из этого соединения и чистый элемент радий, который оказался тяжелым металлом с атомным весом около 226.

Но зато какими удивительными свойствами обладали радий и его соединения. В темноте они сами собой постоянно светились. Они были всегда теплее, чем окружающие их предметы, потому что радий непрерывно выделяет тепло. В их присутствии через воздух начинало проходить электричество, которое, как известно, через воздух вообще не проходит. Растения, помещенные около радия, начинали хиреть и в конце-концов погибали. На кожу животных радий действовал самым разрушительным образом. Анри Беккерель, который некоторое время всегда носил коробочку с небольшим количеством соли радия в боковом кармане, получил в конце-концов против этого места на теле такие ожоги и раны, которые после удалось залечить лишь с большим трудом (последним свойством радия пользуются, между прочим, теперь в медицине, применяя его иногда для лечения злокачественных опухолей; излучение радия действует на них разрушительно). Радий и все его соединения непрерывно испускали невидимые лучи, проходившие через дерево, черную бумагу, одежду и т. д. и сильно действовавшие на фотографическую пластинку. Радий и его соединения перекрашивали в другие цвета драгоценные камни: так, например, алмаз сиял вблизи радия голубоватым блеском, светлоголубой корунд перекрашивался в темнозеленый цвет, а дорогой желтый рубин перекрашивался в красный рубин. И наконец, самое поразительное:

Из радия и его соединений постоянно сами собой образовывались новые вещества — радиоактивный газ — эманация радия, или радон, с атомным весом около 222 (см. приложение II) и известный уже газ — гелий.

Вот этот-то последний факт заставил ученых особенно много поломать себе голову. Как же так, в самом деле? Ведь, казалось, наукой уже твердо установлено, что химические элементы ни на какие другие вещества разлагаться не могут, они являются теми последними основными строительными «кирпичиками», из которых строятся все сложные вещества. И тут вдруг находится такой элемент, который превращается в другие элементы, и в том числе в знакомый уже тогда гелий? Да еще как превращается: сам собой, постоянно... Ни остановить этого превращения

никакими средствами (известными пока науке) нельзя, ни ускорить его, ни замедлить! Этот факт совершенно не согласовался с прежними химическими знаниями, и потому он потребовал особенно внимательного, трудного и хлопотливого изучения. О некоторых результатах этого изучения нам дальше придется еще говорить, ибо именно они помогли науке узнать тайны строения веществ. Что же касается объяснения других удивительных свойств радия, то здесь распространяться о них за недостатком места мы не будем. Добавим только следующее.

Как было сказано, супругам Кюри почти из десяти тонн урановой смоляной руды удалось добыть лишь очень небольшое количество радия. А между тем, эта руда оказалась одной из самых богатых по содержанию в ней радия. Радия на Земле, значит, очень немного, и немудрено, если один грамм его чистой соли стоит десятки тысяч рублей. И все-таки, как это на первый взгляд ни странно, радий на Земле обнаружили в очень и очень многих местах. Его присутствие (конечно, в самых ничтожных количествах) доказано и в воздухе, и в воде, и во многих камнях. Например, многие целебные минеральные воды оказались именно потому-то и целебными, что они содержат в себе некоторые вещества, получающиеся от распада радия. Вода многих таких источников содержит радон. Немудрено поэтому, что подобные минеральные воды обладают целебным действием только в местах своего природного местонахождения: радон — вещество очень неустойчивое; меньше чем в четверо суток половина его наличного количества успевает уже превратиться в другие вещества.

Но, как выяснила наука, постоянно распадается сам собой не только радий. С несомненностью установлено, что сами собой распадаются также, например, элементы уран и торий, только у них этот распад идет гораздо медленнее, чем у радия. А между тем высчитано, что для распада одного грамма радия наполовину надо около 1580 лет. Узнано, между прочим, также, что и сам-то радий получается в результате распада элемента урана.

Обратите теперь внимание на следующее обстоятельство. Если вы посмотрите на таблицу элементов, напечатанную в приложении II, то увидите, что элементы уран, торий и радий обладают самыми большими атомными весами среди всех других элементов. А именно: атомный вес урана (в круглых числах) — 238, тория — 232, радия —

226. Об этом обстоятельстве нам придется еще впоследствии поговорить.

В заключение этой главы добавим, что теперь доказан самопроизвольный распад и некоторых других элементов, кроме упомянутых трех (урана, тория и радия). Но этот распад происходит настолько медленно, что обнаружить его гораздо труднее, чем распад названных выше химических элементов.

22. В глубинах атома

После окончания гражданской войны, когда блестящие победы Красной армии прорвали созданную иностранными империалистами вокруг пролетарской революции блокаду, к нам начали доходить вести о новых поразительных успехах науки за границей. Среди этих вестей едва ли не самой поразительной была весть об искусственном превращении одних элементов в другие. Достигнуть этого удалось известному английскому ученому Резерфорду (рис. 56).

Резерфорд подвергал некоторые элементы, как например, азот, фосфор, алюминий и другие, действию излучения радиоактивных веществ, причем ему удалось показать, что иногда при этом получается ничтожное количество водорода. И с точностью было установлено, что водород получался не из радиоактивных веществ, а именно из таких элементов, как азот, фосфор или алюминий. Здесь, следовательно, человеку удалось одни элементы превратить в другие. С тех пор (особенно с 1932 г.) подобные опыты искусственного превращения элементов успешно стали производиться многими учеными, в частности и у нас в СССР.



Рис. 56. Эрнст Резерфорд (род. 1871).

• В настоящее время наука не только открыла самопроизвольное превращение одних элементов в другие, но ученые и сами уже могут получать некоторые элементы из других. Правда, пока все это дается еще с очень большим трудом и элементы превращаются один в другой лишь в самых ничтожных количествах. Но при современных поразительно быстрых успехах науки недалеко, вероятно, время, когда мы сумеем так же легко искусственно превращать друг в друга элементы, как мы умеем теперь строить из них тысячи и десятки тысяч самых разнообразных сложных веществ. Не будем, однако, заглядывать далеко в будущее, а зададим себе такой вопрос:

Почему же элементы могут превращаться друг в друга?

До сих пор мы заглянули в тайны строения вещества очень далеко: вплоть до мельчайших, невидимых ни в какие микроскопы частиц — молекул и атомов. Для получения же ответа на поставленный вопрос нам придется заглянуть еще дальше и глубже: нам придется мысленно побывать в глубинах атома.

В такой далекий путь нельзя пускаться без всяких приготовлений, — кое-что на дорогу придется с собой прихватить. Мы, однако, постараемся обойтись очень легким багажом, состоящим из самого небольшого запаса сведений по электричеству.

В наше время вряд ли найдется такой человек, который никогда не имел бы дела с электричеством или, по крайней мере, не слышал о нем. Однако многие, может быть, весьма удивятся, если им сказать, что существует собственно не один, а как бы два разных рода электричества. А между тем, доказать это нетрудно.

Если потереть сухую стеклянную палочку кожей или шелком, то она начнет притягивать к себе мелкие бумажки или пушинки наподобие того, как магнит притягивает железо. Происходит это потому, что от трения палочка приобрела особое свойство: она стала, как говорят, электрически заряженной. То же самое явление мы будем наблюдать, если потрем сукном, например, палочку сургуча или каучуковую гребенку. Они тоже приобретут электрический заряд и тоже начнут притягивать к себе мелкие бумажки или пушинки.

Но одинаковые ли заряды появились на стеклянной палочке и, скажем, на каучуковой гребенке?

Нет, неодинаковые. И это легко увидеть с помощью таких опытов.

Подвесим на шелковой ниточке (такая ниточка не проводит электричество) легкий маленький шарик из бузины и дотронемся до него электрически заряженной гребенкой. Шарик сначала притянется к гребенке, а потом сейчас же отскочит от нее (рис. 57). Дело в том, что когда шарик дотронется до электрически заряженной гребенки, то часть электричества с гребенки переходит на шарик, другими словами — шарик сам приобретает электрический заряд. И вот оказывается, что когда два предмета заряжены электричеством, то они друг от друга отталкиваются.

Ну, а что будет, если дотрагиваться до бузинного шарика не заряженной гребенкой, а скажем, натертой кожей стеклянной палочкой? Будет то же самое: бузинный шарик сначала притянется к палочке, а потом оттолкнется. Совсем иначе, однако, обстоит дело, если поступить следующим образом.

Зарядим бузинный шарик электричеством стеклянной палочки, шарик от палочки оттолкнется. Поднесем к этому шарiku натертую гребенку. Оказывается, что шарик не только не оттолкнется от гребенки, но, наоборот, притянется к ней.

Можно сделать еще такой опыт. Подвешивают рядом на тоненьких ниточках два бузинных шарика. Если их оба зарядить от стеклянной палочки или оба же от каучуковой гребенки, то они будут друг от друга отталкиваться. Но стоит один зарядить от палочки, а другой от гребенки, оба шарика сейчас же притянутся друг к другу (рис. 58).

Что же показывают все эти опыты? Они показывают, что электрические заряды, которыми заряжаются стеклянная палочка и каучуковая гребенка, не одинаковые, а разные. Первый из них (которым заряжается при трении стеклянная палочка) называется положительным, а второй (которым заряжается при трении каучуковая гребенка) называют отрицательным. Кроме того, эти опыты показывают, что когда мы выше говорили, что два предмета, заряженные электричеством, отталкиваются друг от друга, то это было не совсем верно и точно. Правильнее будет сказать, что отталкиваются

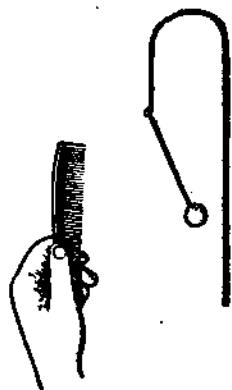


Рис. 57. Прикоснувшись к заряженной электричеством гребенке, шарик отталкивается от нее.

предметы, обладающие одноименными зарядами, а предметы, обладающие разноименными зарядами, притягиваются друг к другу.

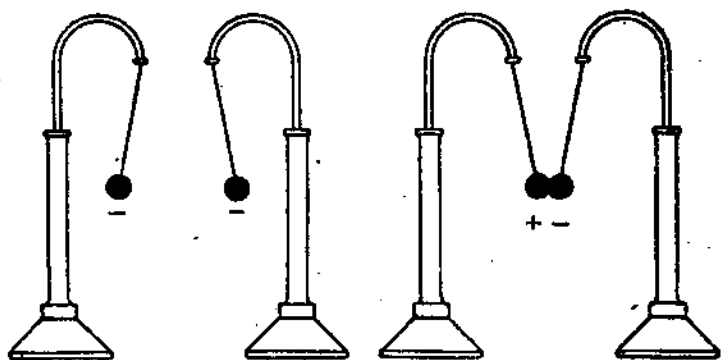


Рис. 58. Бузинные шарики, заряженные одинаковым электричеством, отталкиваются, а заряженные разным электричеством—притягиваются.

Заметив себе эти два факта, а именно, что существуют два разных электричества—положительное и отрицательное—и что оба эти электричества друг к другу притягиваются, мы можем перейти к знакомству с тем, как ученые представляют себе внутреннее строение атома.

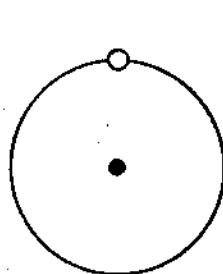


Рис. 59. Строение атома водорода.

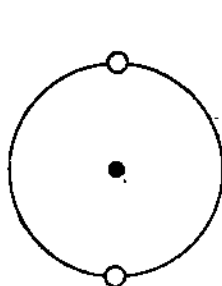


Рис. 60. Строение атома гелия.

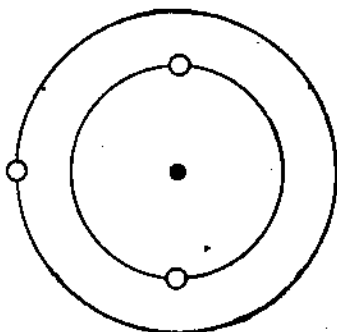


Рис. 61. Строение атома лития.

На рисунках 59, 60 и 61 упрощенно изображено строение атомов первых трех элементов периодической системы—водорода, гелия и лития.

В середине каждого атома находится ядро (нарисовано черным кружком), вокруг которого на разных расстояниях от него очень быстро движутся особые частички, называемые электронами (на рисунках — белые кружки). Ядро заряжено положительным электричеством, электроны же представляют собой частички, заряженные отрицательным электричеством. Положительно заряженное ядро притягивает к себе отрицательно заряженные электроны.

Электроны эти очень малы: если бы можно было взвесить электрон на весах, то он оказался бы, примерно, в 1840 раз легче самого легкого атома, т. е. атома водорода. Число электронов у более тяжелых атомов больше, у более легких меньше. Так, например, у атома водорода вокруг ядра движется только один электрон, у атома дития — три, у атома железа — 26, у атома радия — 88, у атома урана — 92. В атоме урана вокруг ядра обращается самое большое число электронов, у атомов всех других элементов число таких электронов меньше. Позже мы разберем, как распределяются эти электроны вокруг ядер отдельных элементов.

Мы уже знаем, насколько ничтожно малы размеры атомов. Но по сравнению с размерами атомных ядер и электронов эти ничтожно малые размеры огромны. Поперечник электрона примерно в миллион раз меньше размера молекул, а поперечник ядра еще гораздо меньше электрона. При увеличении атома до размеров земного шара ядро увеличилось бы всего до размеров небольшого резинового мяча. Ничтожный атом состоит главным образом из... свободного пространства. Если мы вспомним, насколько электрон легче самого легкого атома водорода, то мы легко поймем, что вся масса атома (от которой и зависит вес) сосредоточена в этом мельчайшем атомном ядре.

Вот как, по предположениям ученых, построены мельчайшие частички химических элементов — атомы. С помощью этих предположений объясняются очень многие явления, которые без них были бы непонятны. Здесь мы для примера расскажем, как с их помощью объясняется превращение радия в гелий.

Мы уже знаем, что от радиоактивных веществ постоянно исходит особое невидимое для глаз излучение, которое легко проходит через многие тела и действует на фотографическую пластинку. С помощью разных способов ученые

подробно исследовали это излучение и нашли, что оно разделяется на три рода разных лучей — альфа-лучи, бета-лучи и гамма-лучи. При этом выяснилось, что бета-лучи представляют собой поток очень быстро летящих электронов, а гамма-лучи по своей природе сходны с рентгеновскими лучами. Но что же представляют собой альфа-лучи?

Оказалось, что это не что иное, как положительно заряженные ядра атомов элемента гелия. Откуда же берутся эти положительно заряженные ядра?

Они образуются при распаде ядер некоторых радиоактивных элементов. Например, при радиоактивном распаде радия они образуются из ядра атома радия, что доказывается следующим фактом. При распаде атома радия, кроме гелия, образуется, как мы уже говорили, еще другой газ — эманация радия, или радон. Атомный вес радия (зависящий, как было уже сказано, именно от ядра) равен 226. Если ядро атома радия потеряет ядро атома гелия (атомный вес гелия равен 4), то останется, значит, ядро с атомным весом, равным 222. И вот оказывается, что второй продукт распада радия, радон, действительно имеет атомный вес 222. А следовательно, и положительно заряженное ядро атома гелия действительно вышло из атомного ядра радия.

Английскому ученому Круксу (рис. 62) удалось найти способ даже видеть действие отдельного ядра атома гелия из альфа-лучей. Было известно, что когда альфа-лучи попадают на стеклянную пластинку, покрытую особым химическим соединением (сернистым цинком), то пластинка начинает в темноте светиться. Крукс поместил такую пластинку АВ (рис. 63) в зачерненную трубку. Над пластинкой он приспособил иголку, кончик которой был смочен слабым раствором соли радия Ra . В другом конце трубки помещалось увеличительное стекло L , через которое можно было смотреть на пластинку. И вот в этом приборе была видна каждая отдельная вспышка, получавшаяся при ударе о пластинку отдельного ядра атома гелия! Это показано на кружке внизу рисунка. Самих атомов различить при этом, конечно, было нельзя, но зато вспышки были видны отлично. Каких еще нужно после этого доказательств, что атомы — не выдумка ученых, а существуют в самой доподлинной действительности! Прибор Крукса, так наз. спинтарископ, является теперь обыч-

ным школьным прибором. Итак, значит, при распаде радия распадается его атомное ядро: оно как бы разбивается при этом на две неравные части — на легкое ядро атома гелия и на тяжелое ядро газа радона. Но распадается сам собой не только атом радия. Распадаются, как мы говорили, атомы урана, тория и целого ряда получающихся из них радиоактивных веществ, причем очень многие из таких веществ также излучают альфа-лучи, т. е. положительно заряженные ядра атомов ге-



Рис. 62. Вильям Крукс (1832—1919).

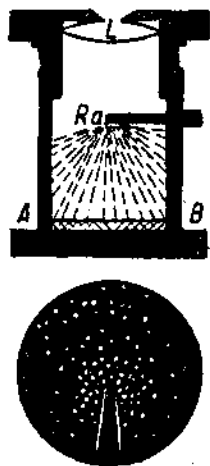


Рис. 63. Спинтарископ—прибор для наблюдения действия альфа-лучей.

лия. И вот оказывается, что все это — элементы с большим атомным весом, т. е. со сложно построенными атомами, которые являются, следовательно, недостаточно устойчивыми.

Выше мы уже говорили, что всякое превращение вещества связано или с выделением энергии или с поглощением ее. Но ведь превращение одних элементов в другие есть также превращение веществ; связано ли этого рода превращение с выделением или поглощением энергии?

Ответ на этот вопрос ясен уже из того, что было сказано раньше о радие. Раз радий и его соли постоянно

теплее, чем окружающие их предметы, то, значит, при распаде их энергия освобождается. И вот эта-то освобождающаяся внутриатомная энергия проявляется здесь в виде тепла. Ученые высчитали, что внутриатомная энергия очень велика и что если бы мы научились раздроблять атомы по желанию в любом количестве и овладели бы освобождающейся при этом энергией, то разложения очень небольшого количества какого-нибудь вещества было бы совершенно достаточно для приведения в движение мощной заводской машины, океанского парохода и т. п. Такое умение совершенно перевернуло бы всю нашу технику и сделало бы, например, ненужным применение каменного угля, нефти, дров и других видов топлива. Но... пока мы от этого умения еще далеки!..

Читатель может теперь сказать нам следующее. Хорошо, электрон есть частичка материи, обладающая элементарным отрицательным электрическим зарядом. Но что же представляет собой другой вид материи, атомное ядро, как оно построено?

Только что было сказано, что ядра атомов многих радиоактивных веществ при своем распаде выделяют альфа-лучи, другими словами, ядра гелия. Что это значит? А это значит, конечно, что ядра гелия входили в состав ядер атомов этих веществ — больше им взяться неоткуда.

Теперь вспомните, что в опытах Резерфорда, о которых было упомянуто в начале этой главы, из некоторых элементов под влиянием радиоактивных веществ получался водород. Ясно, что ядра водорода должны были входить в состав атомных ядер этих элементов. Дело в том, что распад совершался в этих случаях под влиянием альфа-частиц, выделяемых радиоактивными веществами. Эти частицы являлись как бы снарядами, которые при попадании в атомное ядро разрушали его и выбивали из него ядра водорода.

После этого вполне естественно предположить, что в состав ядер химических элементов (в том числе и гелия) входят ядра водорода. Значит, ядро водорода, называемое в науке *протоном*, является другой основной частицей материи, известной нам в настоящее время. Оно имеет такой же по величине электрический заряд, как и электрон, но не отрицательный; а положительный. Этим и объясняется нейтральность обычного атома водорода, состоящего из протона и электрона.

До совсем недавнего времени знали только две части-

цы, принимающие участие в построении атомов химических элементов — электроны и протоны. Но в 1932 г. английский ученый Чадвик, бомбардируя атомы элемента бериллия альфа-частицами, доказал, что при этом выделяются какие-то новые, до того неизвестные частицы. Эти частицы были названы нейтронами. Происхождение такого названия будет понятно, если сказать, что вновь открытые частицы электрически нейтральны, т. е. не обладают ни положительным, ни отрицательным электрическим зарядом. По своей массе нейтроны близки к протону (т. е. их масса близка к массе атома водорода).

В 1932—1933 годах учеными Андерсеном, Блэккетом и Окнялини были открыты и другие замечательные частицы, которые возникают при действии гамма-лучей (см. стр. 124) на ядра атомов. Эти частицы обладают массой электрона, но в противоположность электрону заряжены не отрицательно, а положительно, почему их и называли позитронами.

Таким образом мы видим, что и мельчайшие ядра атомов химических элементов являются сложными образованиями, состав которых в настоящее время с достаточной достоверностью пока еще не выяснен. И эти новейшие успехи науки в изучении строения вещества еще раз блестяще подтверждают слова Ленина о том, что

«Электрон так же не исчерпаем, как и атом»,
и что

«Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и движения всегда были опорой диалектического материализма».

Разберем теперь несколько подробнее, как построены атомы некоторых химических элементов. Это изображено в упрощенном виде на рис. 64, который показывает, что движущиеся электроны расположены вокруг атомных ядер как бы слоями. При этом электронная «оболочка» водорода (H) и гелия (He) имеет один «слой» электронов, оболочка лития (Li), бериллия (Be) и следующих за ними элементов до неона (Ne) включительно — два слоя, оболочка следующего ряда — от натрия (Na) до аргона (Ar) включительно — три слоя и т. д.

Нетрудно заметить, что на нашем рисунке схемы строения атомов представлены в том же порядке, в каком приведенные элементы расположены в периодической системе. А если присмотреться к рисунку внимательнее, то будет видно, что атомы химически сходных между собой эле-

ментов, помещающихся в одной группе периодической системы, имеют и сходную внешнюю электронную оболочку. Отсюда можно сделать вывод, что химические свойства элементов зависят в основном от строения внешней оболочки их атомов.

В заключение этой главы вернемся теперь опять к периодической системе химических элементов.

Великий создатель периодической системы Д. И. Менделеев говорил, что свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от их атомных весов.

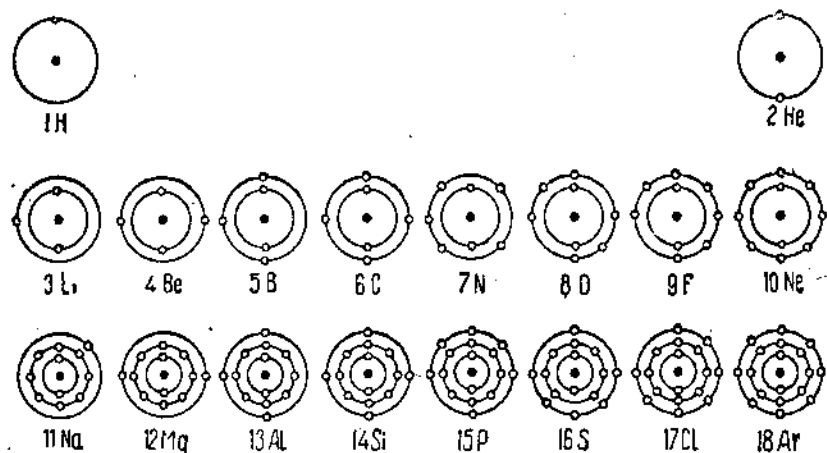


Рис. 64. Упрощенное изображение строения атомов первых восемнадцати элементов периодической системы.

Во времена Менделеева и позже считали, что все атомы одного и того же элемента совершенно сходны один с другим и обладают одинаковым атомным весом. Но так ли это?

Сначала исследования радиоактивных атомов, а позже исследования других атомов показали, что это не так. Оказалось, что каждую клетку периодической системы элементов занимает не один элемент с одинаковыми атомами, как думали раньше, а целая группа («плеяда») элементов, атомы которых имеют разный атомный вес. Такие элементы, одинаковые по своим химическим свойствам и занимающие одну и ту же клетку периодической системы, называются изотопами. Например, простейший по строе-

нию атома элемент водород состоит из смеси трех изотопов с атомными весами 1, 2 и 3, причем на каждый атом изотопа с атомным весом 3 приходится примерно 2 000 атомов с атомным весом 2 и 10 миллионов атомов с атомным весом 1. Следовательно, основным изотопом водорода является изотоп с атомным весом 1. Элемент хлор состоит из двух изотопов с атомными весами 35 и 37, свинец — из восьми изотопов с атомными весами от 203 до 210 включительно и т. п.

Таким образом, когда мы говорим, что атомный вес, например, хлора равен 35,457, то это значит, что мы определили этим числом только средний атомный вес смеси его изотопов.

Но как же теперь быть с периодической системой? — спросит читатель. Ведь, скажем, изотоп свинца с атомным весом 203 будет стоять в ней после изотопа таллия, имеющего больший атомный вес (205), а изотоп свинца с атомным весом 210 будет стоять раньше висмута с атомным весом 209. Ведь это значит, что свойства химических элементов зависят не от их атомных весов, а от чего-то другого!

Да, современная наука это с точностью установила. Мы уже говорили, что ядра атомов химических элементов заряжены положительно. И вот оказалось, что если измерять заряды ядер, приняв за единицу заряд протона, то заряд ядра равен номеру места по порядку, занимаемого элементом в периодической системе.

В нейтральном атоме положительный заряд ядра уравновешивается зарядами электронов, находящихся в электронной оболочке атома. Ясно поэтому, что число внешних электронов атома равно числу положительных зарядов его ядра.

Раскройте теперь приложение II и внимательно посмотрите на цифры, стоящие перед каждым знаком химического элемента. Эти цифры называются порядковыми числами, или порядковыми номерами и выражают собой очень важную величину — заряд ядра атома данного химического элемента и в то же время число электронов в электронной оболочке атома.

Почему же изотопы — элементы с разными атомными весами, но одинаковыми химическими свойствами — попадают в одну и ту же клетку периодической системы?

Потому что ядра этих элементов обладают одинако-

вым зарядом. Например, одинаковость зарядов изотопов водорода с атомными весами 1 и 2 хорошо объясняется, если принять, что ядро изотопа с атомным весом 2 состоит из положительно заряженного протона и не обладающего зарядом нейтрона. В обоих случаях заряд ядра равен единице. Таким образом мы можем сказать, что свойства элементов находятся в периодической зависимости не от их атомных весов, а от их порядковых чисел.

Порядковые числа элементов можно особым способом измерить опытным путем. И эти измерения вполне совпадают с тем расположением элементов в периодической системе, которое им придал еще Менделеев. Они блестяще подтверждают также те перестановки, которые Менделеев делал в системе вопреки своему принципу располагать элементы в порядке их атомных весов. Найдите, например, в таблице элементы аргон (Ar) и калий (K). Менделеев в таком порядке и расположил эти элементы, руководствуясь их химическими свойствами. А ведь атомный вес аргона (39,944) не меньше, а больше атомного веса калия (39,096). Однако измерения порядковых чисел тоже показывают, что аргон должен стоять раньше, а не позже калия. Подобные случаи есть и в других местах периодической системы.

Таким образом современные исследования еще более подкрепляют гениальное открытие Менделеева — периодическую систему химических элементов. И в то же время становится все более и более несомненным, что атомы химических элементов, как и все в природе, подвержены постоянным изменениям, что химические элементы переходят одни в другие, что все они имеют общее происхождение. Периодическая система отражает собой историю развития материи во вселенной. Этот великий закон природы и выражает периодическая система.

Еще в самом конце прошлого столетия люди ничего не знали о превращении одних элементов в другие. С тех пор не прошло и сорока лет, а мы теперь не только сумели открыть превращение элементов в природе и сделать его доступным наблюдению, но и научились по своему желанию ускорять это превращение и вызывать его искусственно. Правда, этого удастся достигать пока с большими трудностями и получать ничтожные результаты. Но после блестящих побед современной науки и техники кто же

может сомневаться в том, что не за горами и дальнейшие победы, которые позволят в конце-концов человеческому обществу овладеть неисчерпаемыми запасами внутриатомной энергии.

23. Вещество во вселенной

Нам удалось уже узнать довольно много о том материале, из которого строится все, что мы видим кругом себя, из которого построены и мы сами. Мы узнали, из чего состоят различные вещества на Земле, как они превращаются друг в друга, как построены их самые маленькие частички — молекулы и атомы. Все знания, которые мы получили, основаны не на выдумках, не на каких-либо фантазиях различных «священных писаний», а на наблюдениях явлений природы, на изучении хода разных производств, на опытах, проделанных учеными в лабораториях. И нам нужно теперь ответить еще на один вопрос: имеют ли какое-нибудь значение все эти наблюдения и опыты, сделанные и произведенные на Земле, также и для всей остальной вселенной?

В прежние времена думали (и этому учила церковь), что Земля является центром вселенной, созданным «богом» для человека, а Солнце, Луна и другие небесные светила существуют лишь для того, чтобы освещать Землю, да пожалуй еще — своим расположением влиять на судьбы отдельных людей. Земля по этим представлениям являлась чем-то особенным, качественно отличным от небесных тел. Но теперь мы хорошо знаем, что все это — детские сказки. Мы знаем, что как ни велика кажется нам наша планета, она всего лишь ничтожная песчинка по сравнению с остальной вселенной. Взгляните на небо в темную ясную безлунную ночь! Вы увидите на нем тысячи звезд самой различной яркости, вы различите местами какие-то едва мерцающие белесоватые пятна. Все эти звезды — такие же огромные солнца, как и наше, а многие даже гораздо больше него и кажутся нам такими маленькими лишь потому, что находятся на неизмеримо огромных расстояниях от нас. Белесоватые пятна в сильные телескопы оказываются по большей части тоже состоящими из большого числа таких звезд — солнц, иные же из них являются скоплениями мелких частичек вещества, называемыми туманностями, теми скоплениями, из которых, по мнению ученых, возникают впоследствии звезды — солнца. И нет границ этой вселен-

ной, наполненной звездами, туманностями и другими небесными телами, находящимися друг от друга на громадных расстояниях. Можно ли узнать, из каких веществ состоят все эти тела, похожи ли эти вещества на те, которые встречаются на Земле?

На первый взгляд такой вопрос кажется совсем несущественным. Ведь, чтобы узнать состав какого-либо вещества, химик берет его в руки, растворяет, взвешивает, нагревает, делает с ним различные пробы, другими словами — производит его химический анализ. Но как же можно достать для химического анализа вещество Солнца, звезды или ту-

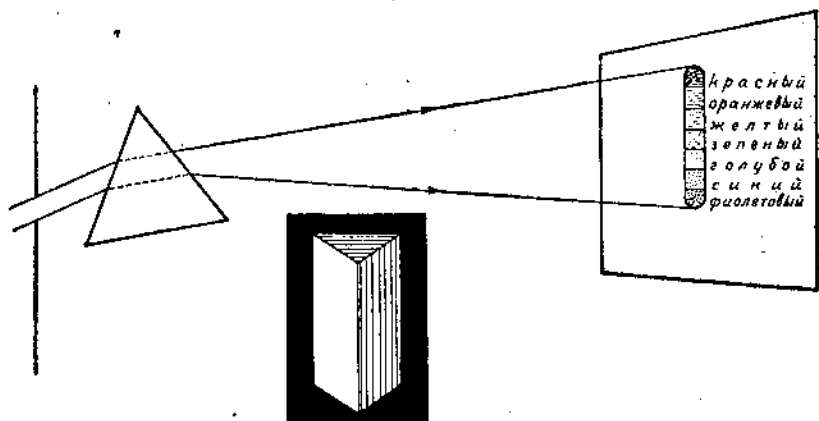


Рис. 65. Солнечный луч, пропущенный через стеклянную призму, распадается на ряд цветных лучей. Внизу отдельно изображена призма.

манности, от которой достигают до нас иногда лишь слабые, едва заметные лучи света? А ведь только по свету, испускаемому этими светилами, мы и узнаем об их существовании. Можно ли по свету узнать о составе того светила, от которого этот свет исходит?

Оказывается, что можно. Оказывается, что современной науке достаточно уловить и исследовать слабый луч света, чтобы судить о составе того источника, из которого вышел этот свет.

Приходилось ли вам видеть, как иногда капли дождя или росы на траве, освещенные солнцем, играют всеми цветами радуги? Это солнечный луч разбивается в них на красивые яркие разноцветные лучи. А если пропустить солнечный луч через очень простой приборчик — прозрач-

ную трехгранную призму (рис. 65, внизу), например из стекла, то легко получить на белой стенке радужную полосу, составленную из разных цветов (рис. 65). Как бы и где бы ни пропускать через такую призму солнечный свет, цвета в радужной полоске всегда будут располагаться в одном и том же порядке, а именно: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Эта радужная полоска называется спектром. И оказывается, что такая же семицветная полоска, такой же сплошной радужный спектр получается не только от солнечного света, но и

от света, испускаемого всяким раскаленным добела твердым или жидким телом, например добела раскаленным железом или расплавленной сталью. Но совсем другой спектр дают раскаленные пары натрия; если пропустить их свет

без призмы, то мы

увидим яркую желтую линию на темном фоне (рис 66). Пропущенный через призму свет раскаленного водорода даст на темном фоне красную, голубую, синюю и фиолетовую линии на определенных расстояниях друг от друга (рис. 66). Смешанный свет от раскаленных паров натрия и раскаленного водорода даст и линию натрия и все линии водорода (рис. 66). Значит, по спектру смеси раскаленных газообразных веществ можно узнать состав этой смеси и без химического анализа.

Итак, пока запомним: раскаленные добела твердые и жидкие тела дают сплошные спектры, раскаленные же пары и газы дают прерывистые спектры, состоящие из отдельных цветных линий. Изучаются все эти спектры с помощью особого прибора — спектроскопа (рис. 67).

Ну, а что получится, если свет от раскаленного твердого или жидкого тела не сразу пропустить через призму, а предварительно дать ему пройти через раскаленный газ

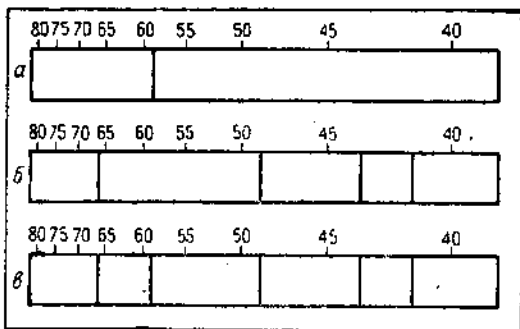


Рис. 66. а — спектр паров натрия, б — спектр водорода в — смешанный спектр водорода и паров натрия (цифры вверх над спектрами означают деления шкалы, которой всегда пользуются при наблюдении спектров).

или пар, имеющий более низкую температуру? Что получится, если, предположим, свет от раскаленных добела углей, температура которых выше температуры пламени

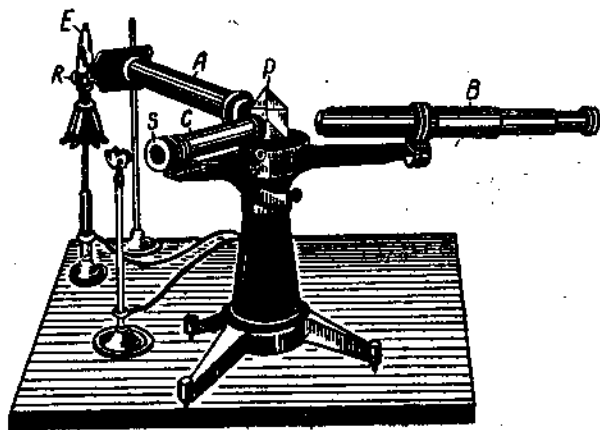


Рис. 67. Спектроскоп. Исследуемый свет через трубу *A* попадает в призму *P* и образует спектр, который рассматривается через трубу *B*. Через третью трубу *C* одновременно проектируется шкала для измерения спектра.

спиртовой горелки, пройдет сначала через раскаленные в пламени такой горелки пары натрия, а потом уже через призму?

В этом случае в спектроскопе будет виден сплошной семицветный спектр, пересеченный темной линией как раз в том месте, где была желтая линия натрия, когда свет шел только от паров натрия. Если вместо паров натрия свет от углей пройдет через раскаленный водород, то темные линии образуются опять-таки как раз в тех местах, где были четыре цветные линии водорода. Вот факт, который дал возможность, пользуясь спектроскопом, узнать, какие вещества есть на Солнце. И без всякого химического анализа. Вот в чем дело.

Солнечный свет, который так ярко заливает Землю в ясные дни, исходит от раскаленного ядра Солнца, и он проходит сначала через те раскаленные пары и газы, которые окружают солнечное ядро. Температура этой оболочки Солнца ниже, чем температура раскаленного ядра.

Поэтому, в спектроскопе солнечный спектр не является сплошной радужной полоской, эта полоска пересечена рядом темных линий. Отчего же появились эти темные линии?

Да, очевидно, именно оттого, что свет прошел через раскаленные пары и газы оболочки Солнца. Значит, стоит только точно сравнить и вымерить места темных линий в солнечном спектре, чтобы узнать, какие вещества есть в оболочке Солнца. Темная линия в том месте спектра, где бывает желтая линия от паров натрия, показывает, что в атмосфере Солнца есть натрий. Четыре темных линии на месте цветных линий водорода обнаруживают присутствие в солнечной атмосфере водорода. И так далее и так далее. И такое сравнение, такой спектральный анализ показал, что на Солнце есть водород, кислород, углерод, гелий, кремний, натрий, калий, железо, целый ряд других металлов, одним словом, почти все те вещества, которые есть на Земле. Интересно при этом отметить, что газ гелий, о котором не раз упоминалось в этой книжке, был открыт сначала с помощью спектрального анализа на Солнце, и лишь много лет спустя после этого он был найден и на Земле.

Вот пример того, как с помощью спектрального анализа узнается состав небесного светила. Конечно, есть и другие приемы спектрального анализа, есть и другие сорта спектров, кроме только что описанных, и все они имеют очень важное значение для науки и техники. Но нам здесь достаточно получить лишь общее понятие о тех способах, которыми пользуется наука для исследования состава небесных тел, а потому перейдем теперь к знакомству с интересными и поучительными результатами этого исследования. Но прежде следует еще сказать несколько слов о том, что думают ученые о развитии небесных светил.

Наша Земля была не всегда такой, какой мы ее знаем теперь. Было время, когда на ней не существовало еще никакой твердой коры, а вся она была огромным огненно-жидким расплавленным шаром. Было это многие, многие миллионы лет назад. А еще раньше, опять-таки многие миллионы лет назад, она была вероятно гораздо горячее и состояла только из раскаленных газов. И вот многие факты заставляют признать, что не только Земля, но и все небесные светила не всегда находятся в одном и том же состоянии: они, как и человек, рождаются, переживают как бы свои детство, юность и зрелый возраст, стареют и,

наконец, умирают. А то вещество, из которого они состояли, идет на образование новых светил.

Вероятнее всего, что звезды (а звезды — это солнца, состоящие из раскаленных газов или расплавленной огненно-жидкой массы) образуются из туманностей, т. е. тех скоплений мелких частичек вещества, которые и в самые сильные телескопы кажутся белесоватыми пятнами на небе. И звезды на небе встречаются самых различных возрастов: одни из них только-только еще разгораются, другие сверкают, раскаленные добела, третьи начинают уже тухнуть, четвертые, наконец, почти уже потухли и только временами вспыхивают, как последний потухающий уголек в печке. А кроме того, без сомнения, в мировом пространстве носится также немало невидимых нами уже остывших, покрывшихся твердой корой небесных тел, похожих в этом отношении на нашу Землю.

Как не похожа эта величественная картина вселенной на те наивные рассказы, которые записаны о «сотворении» и строении мира в «священном» писании!

Что же говорит нам спектральный анализ о химическом составе небесных светил?

Вот какие главнейшие вещества найдены с его помощью на различных светилах (в скобках указан в круглых цифрах атомный вес этих веществ):

в очень горячих звездах — водород (1) и гелий (4);

в звездах менее горячих — азот (14), кислород (16), магний (24), кремний (28) и т. п.;

в звездах еще более остывших — кальций (40), титан (48), железо (56) и другие более тяжелые элементы.

Другими словами, все те же элементы, какие есть и на Земле. Какие еще нужны более убедительные доказательства того знаменательного факта, что вещество во вселенной едино!

В сравнительно недавнее время учеными были открыты такие небесные тела, которые состоят из вещества поразительной плотности, какую трудно себе и представить. Например, плотность одного из спутников самой яркой звезды нашего зимнего неба — Сириуса — в 40 тысяч раз больше плотности воды. А одна слабая звездочка в красивом созвездии Кассиопеи, изученная в 1935 г. американским астрономом Койпером, еще в тысячу раз плотнее, чем спутник Сириуса. Ведь это значит, что наперсточек вещества звезды Койпера весил бы на Земле 36 тонн, т. е. столько же, сколько весят 500 взрослых людей!

Спектральный анализ помог разгадать и загадку такой необычайной плотности вещества.

Читателю уже известно, что как ни ничтожны сами по себе размеры атомов, но все же они чрезвычайно велики по сравнению с размерами ядер и электронов. Быстро движущиеся электроны как бы создают вокруг ядра непроницаемую оболочку, атом представляется чем-то цельным, между тем как в действительности подавляющую часть его объема составляет свободное пространство. Так обстоит дело, например, при наших земных условиях. Но при огромных температурах, которые существуют в недрах звезд, от атомов химических элементов почти полностью оторваны их электроны (это можно установить с помощью спектрального анализа). Поэтому размеры самих атомов там становятся во много раз меньшими, и колоссальные давления, господствующие в недрах таких звезд, могут сблизить, сжать эти атомы гораздо теснее, чем в обычных условиях, встречающихся на Земле. Отсюда и поразительная плотность вещества подобных звезд.

Теперь зададимся таким вопросом. Не образуются ли во вселенной более тяжелые элементы из более легких?

Этот вопрос кажется очень обоснованным, если вспомнить некоторые факты, о которых было уже сказано раньше. Ведь гелий получается из урана, тория, радия и целого ряда других радиоактивных элементов. А водород удалось получить из азота, фосфора, алюминия и многих других элементов. Обратите также внимание на атомные веса наиболее распространенных во вселенной элементов: большинство этих весов делится на 4, и это наводит на мысль, что ядра таких элементов сложены из устойчивых ядер гелия, атомный вес которого 4. Выходит как будто, что ядра атомов тяжелых элементов слагались из ядер легких элементов.

Многие факты заставляют ученых предполагать, что в действительности дело так и обстоит.

Не всегда все элементы существуют на той или иной звезде, они, как и все в мире, имеют свою историю. Можно предполагать, что небесные светила начинают свое развитие с существования разрозненных, не связанных друг с другом, электронов, протонов и других частиц — нейтронов, позитронов. Из сочетания таких частиц материи возникают сначала простейшие атомы — атомы водорода и гелия. Затем каждый раз, когда изменяющиеся условия

существования светила этому благоприятствуют, на нем образуются все более сложные атомные сочетания, вплоть до тяжелых атомов радиоактивных веществ, быть может, еще более тяжелых, чем те, которые известны нам на Земле.

По мере остывания светила развитие форм вещества продолжается, они все более усложняются. Начинают возникать химические соединения различных элементов друг с другом. На небесном теле могут возникнуть, наконец, и такие условия, которые будут благоприятствовать образованию наиболее сложных и изменчивых химических соединений — белковых веществ. Но белок — носитель жизни, ибо жизнь есть форма существования белковых тел. На светиле появляется жизнь, которая может достигнуть высочайших форм развития.

Однако развитие веществ идет не только по восходящей линии. При известных условиях начинают протекать и обратные процессы. Мы знаем, что на нашей планете жизнь развивается еще в направлении все большего усложнения живых организмов. Но в то же время мы знаем, что данная ступень развития Земли неблагоприятна для существования очень тяжелых атомов, и последние самопроизвольно распадаются на более простые образования. Эти процессы мы воспринимаем в виде радиоактивных явлений.

Не ясно ли, что во вселенной постоянно происходит великий круговорот вещества? Далеко еще не все ступени этого круговорота достаточно разъяснены наукой, но самый факт его существования несомненен. Вселенная не могла иметь начала, не могла быть когда-либо «создана», и она не будет иметь конца. Поповские сказки о «конце мира» стоят в таком же кричащем противоречии с наукой, как и наивные библейские рассказы о «сотворении» мира. Вселенная вечна, она не имеет ни начала, ни конца. И в разных точках этой вселенной мы наблюдаем разнообразные формы существования вещества, в разных точках мы как бы застаем то восходящие, то нисходящие линии его развития. Все в мире течет, все изменяется, и ни на один миг картина вселенной не является точной копией мига предыдущего.

Теперь мы должны несколько ближе подойти к тому вопросу, о котором упомянули в конце главы о сохранении вещества.

Раскаленные небесные светила, например наше Солнце, излучают невообразимо огромные количества света и тепла. Подсчеты ученых показывают, что если бы это излучение происходило только за счет сжатия Солнца и его остывания, то Солнце давным-давно должно было бы погаснуть. Однако в действительности оно сияет на небе и будет сиять еще миллиарды лет. Где же источник этого излучения?

Некоторые факты заставляют ученых считать, что оно получается за счет потери массы Солнца. Благодаря этому вес Солнца (вернее, его масса) постоянно уменьшается и уменьшается на немалую величину: на 4 миллиона тонн в секунду. Однако масса Солнца настолько огромна, что если бы ее уменьшение и в дальнейшем происходило такими же темпами, то ее все-таки хватило бы еще на 15 миллиардов лет.

Таким образом масса Солнца при излучении им тепла, света и электричества уменьшается, расходуется. То же явление, как думают ученые, происходит при каждом излучении света и тепла. Излучение их сопровождается потерей некоторой части массы. При обычных земных условиях эти потери настолько ничтожны, что мы не можем их пока заметить никакими имеющимися в нашем распоряжении средствами.

Некоторые буржуазные ученые, используя только что рассказанные факты, говорили, что «материя исчезла» и что вместе с тем потерпело крушение и материалистическое мировоззрение. Таким путем они думали расчистить дорогу попущине и религии, которые так хорошо помогают буржуазии дурачить и эксплуатировать трудящиеся массы. Однако такие заявления — чепуха.

Наукой твердо установлено, что излучение — тепловое, световое и т. д. — тоже обладает массой. Таким образом, если масса тела при излучении расходуется, то здесь нет бесследной потери массы, а есть лишь переход одной формы движения материи в другую. Излученные, например, Солнцем тепло и свет обладают массой, в точности равной той массе, которую теряет при этом Солнце. Когда за счет этого излучения увеличится количество энергии какого-либо тела во вселенной, то вместе с тем увеличится соответствующим образом и масса этого тела.

Следовательно тот факт, что всякое изменение энергии тела сопровождается соответствующим изменением его массы, не только не раз-

рушает материалистического мировоззрения, но, наоборот, подтверждает его. Все наши знания относительны, неполны. Изучая природу, мы каждый раз лучше и глубже познаем действительность, но мы никогда не исчерпаем ее до конца. Точно так же и здесь новые представления о взаимоотношении массы и энергии дают нам более точное и более глубокое знание того, что представляет собой вещество. С дальнейшим развитием техники и науки мы познаем его еще глубже. Поэтому также электрон и протон, нейтрон, позитрон — отнюдь не последние составные части вещества, а только тот предел, до которого мы знаем его пока.

Мы не можем входить здесь в более подробный разбор этих важных, интересных, но и в то же время очень трудных вопросов.

Итак, во вселенной вечно происходит величественный круговорот вещества, в том числе рождение и смерть химических элементов, так же как и рождение и уничтожение жизни. И теперь нам еще яснее станет глубочайший смысл высказывания Энгельса, приведенного на стр. 105, продолжение которого мы даем здесь как лучшее заключение настоящей главы:

«...Но как бы часто и как бы безжалостно ни совершался во времени и пространстве этот круговорот, сколько бы бесчисленных солнц и земель ни возникало и ни погибало; как бы долго ни приходилось ждать, пока в какой-нибудь солнечной системе, на какой-нибудь планете не появятся условия, необходимые для органической жизни, сколько бы бесчисленных существ ни должно было погибнуть и возникнуть, прежде чем из их среды разовьются животные с мыслящим мозгом, находя на короткий срок пригодные для своей жизни условия, чтобы затем быть тоже истребленными без милосердия, — мы все же уверены, что материя во всех своих превращениях остается вечно одной и той же, что ни один из ее атрибутов¹ не может погибнуть и что поэтому с той же самой железной необходимостью, с какой она некогда истребит на земле свой высший цвет — мыслящий дух, она должна будет его снова породить где-нибудь в другом месте и в другое время» (Энгельс — Диалектика природы. Изд. 7, стр. 99).

¹ Атрибут — необходимый признак предмета, без которого этот предмет нельзя себе мыслить, без которого он не может быть.

24. Соревнование лаборатории с природой

Познавая природу, человеческое общество тем самым покоряет ее и заставляет полнее и лучше служить своим целям. Химия — наука о веществе и его превращениях — возникла из производственной практики человеческого общества. Обработывая шкуры с целью получения из них кож, консервируя с помощью огня и дыма мясо, окрашивая ткани, изготавливая гончарную посуду, спиртные напитки, уксус, яды и т. д., выплавляя металлы из руд, люди произвели много наблюдений над превращениями различных веществ и накопили много опытного материала, который позволил потом создать научную химию, выяснить основные законы превращения веществ, проникнуть в тайны строения вещества. А эти знания позволили в свою очередь настолько овладеть различными способами превращения веществ, что теперь мы по желанию не только можем искусственно готовить множество таких веществ, которые раньше можно было получать только в готовом (или почти готовом) виде от природы, но и создавать такие нужные нам вещества, которых в природе и вовсе не существовало.

С тех пор как возникла химия, лаборатория химика постоянно соревнуется с природой в создании различных видов вещества. И теперь работа химической лаборатории достигла такой высокой степени совершенства, что она во многих областях превзошла работу природы в этом непрерывном созидании новых веществ. Благодаря работе лаборатории промышленность производит сейчас из таких доступных веществ, как каменный уголь, дерево, воздух, вода, песок, руды и т. п., — краски, лекарства, искусственные удобрения, искусственные сорта топлива, металлы, строительные материалы, спички, взрывчатые вещества, каучук, пластические массы, искусственную нефть и т. д. и т. д.

Рассмотрим здесь несколько примеров великих побед химической лаборатории в ее соревновании с природой. Эти примеры наглядно покажут нам, каким мощным оружием для покорения и переделки природы является в руках человека химия.

Единственной кислотой, которую люди знали в древности, был уксус, т. е. разбавленная уксусная кислота. Но уже алхимики, производившие при своих поисках «философского камня» бесчисленное количество опытов превращения самых разнообразных веществ, открыли сер-

ную, соляную, азотную и другие кислоты, без которых немислима современная химическая промышленность. Скромный шведский аптекарь Шееле (см. стр. 17), открывший кислород, впервые выделил и исследовал ряд органических кислот — яблочную, виннокаменную, молочную, лимонную, мочевую и др. А теперь химия знает множество разнообразных кислот, имеющих важное значение в самых разнообразных отраслях промышленности.

Трудно даже перечислить те производства, которые не могут обойтись без серной кислоты. Некоторое представление об этом дает приведенный раньше рис. 15.

Соляная кислота, жидкость с резким удушливым запахом, применяется при получении многих красок, для приготовления хлористого цинка, употребляемого для пропитки шпал с целью предохранения их от гниения, нашатыря и некоторых других веществ, иногда для добывания удушливого газа хлора. Затем при помощи соляной кислоты готовят костяной клей из костей; ее применяют также при таянии, обработке металлов и пр. (рис. 68).

Азотная кислота применяется в технике взрывчатых веществ, а также для приготовления удобрений, красок, для травления металлов и многих других целей (рис. 69).

Многие органические кислоты имеют сейчас большое значение в пищевой промышленности, и по мере роста их потребления химия находит все новые и новые источники для получения таких кислот. Например, лимонную кислоту, которую до недавнего времени умели добывать только из лимонов, теперь готовят из сахара, сбраживая его с помощью особых грибков, и даже из листьев махорки.

Исключительно созданием лаборатории являются многочисленные взрывчатые вещества, которые из-за своей малой химической устойчивости не могли бы существовать в природе. Долгое время единственным представителем их был черный порох — смесь угля, серы и калиевой селитры; его умели готовить еще древние китайцы. Только в прошлом столетии химики приготовили пикрилин, нитроглицерин, динамит, бездымные пороха, а затем пикриновую кислоту, тротил и т. д. И было бы ошибочно думать, что взрывчатые вещества применяются только для разрушения и убийства. Разве возможно было бы построить без взрывчатых веществ современные горные туннели, пронизывающие иногда горные толщи на десятки ки-

лометров? Возможно ли было бы построить прекрасную автомобильную дорогу в неприступных твердых Памира, если бы не было такого мощного средства для разрушения скал, как взрывчатые вещества? Это они дают нам сказоч-

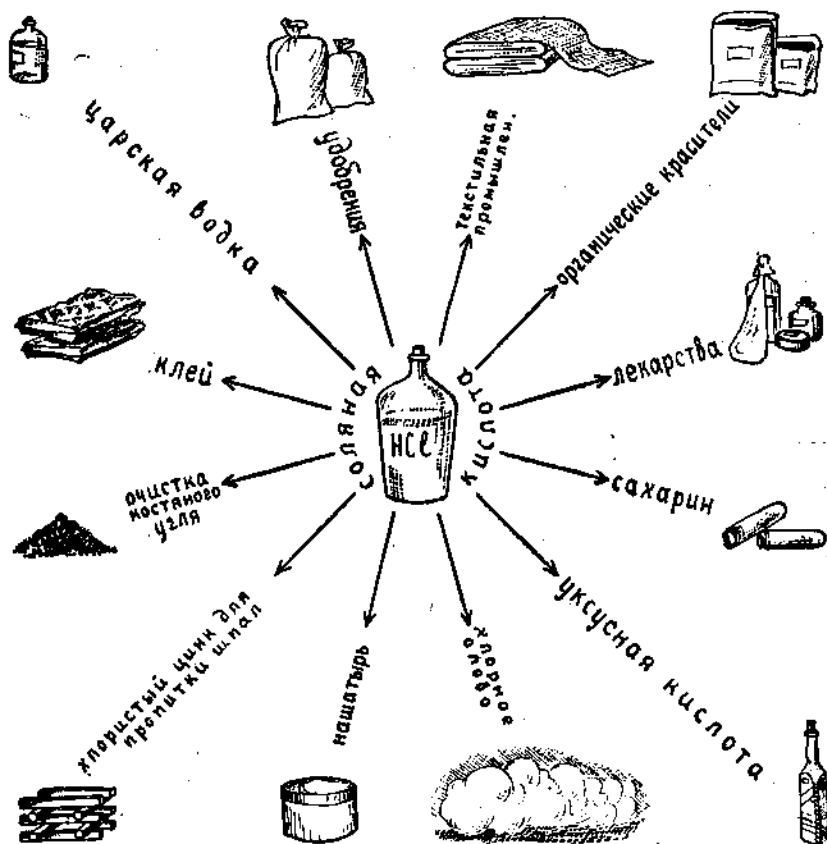


Рис. 68. Для чего применяется соляная кислота.

ную силу, необходимую для уничтожения днепровских порогов, прорытия широких каналов в крепчайших грунтах, мгновенного разрыхления и выброса огромных масс земли. Это взрывчатые вещества неизмеримо облегчают нам горные и строительные работы, дренирование и осушку болот, корчевание пней, борьбу с полярными льдами и т. д.,

и т. д. И когда после окончательной гибели капиталистического строя исчезнут войны, потребление изобретенных химической лабораторией взрывчатых веществ, как одного

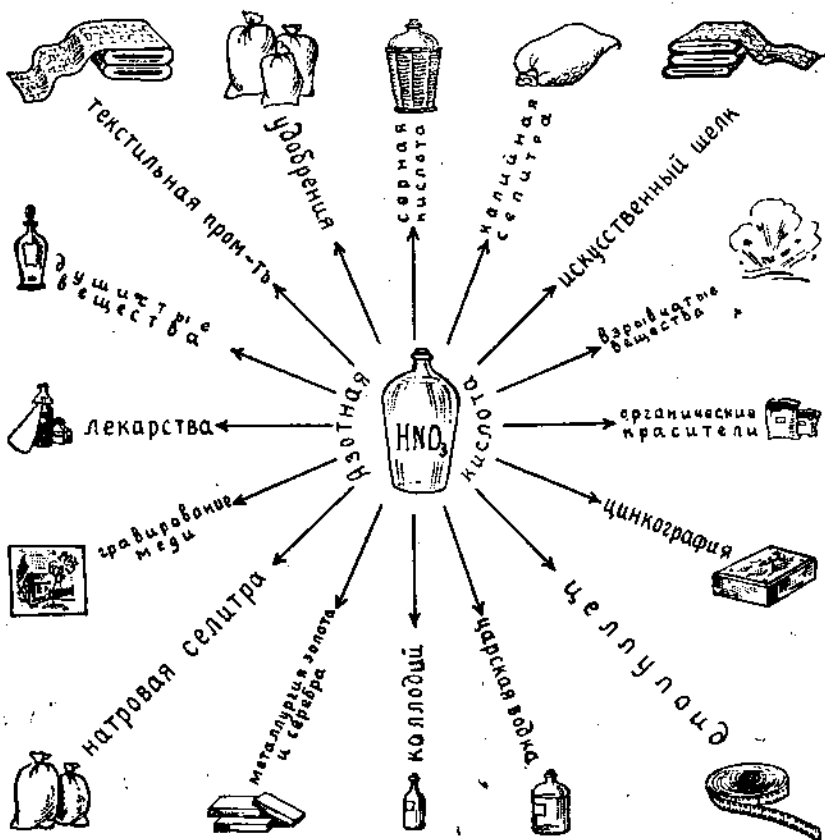


Рис. 69. Для чего применяется азотная кислота.

из мощнейших средств борьбы с природой, будет все-таки постоянно шириться и возрастать.

Еще меньше ста лет назад для окраски тканей повсюду пользовались только красками растительного или животного происхождения. Например, синяя краска индиго привозилась в Европу главным образом из Южной Азии, где она добывалась из некоторых растений. Краска али-

зарин добывалась из растения марены. Эти краски ценились довольно дорого, и разводить дающие их растения было выгодно. Еще лет шестьдесят назад во всей южной Европе большие участки земли были заняты посевами марены. В одной только Франции ею было занято больше 25 тысяч гектаров. Развивающаяся текстильная промышленность предъявляла огромный спрос на краски, что оказало соответствующее влияние на научные исследования в этой области. И вот немецкие химики Гребе и Либерман приготовили ализарин искусственным путем из антрацена — вещества, получаемого из каменноугольного дегтя. С этих пор разведение марены стало невыгодным, так как искусственный ализарин оказался гораздо дешевле добываемого из марены. В этом случае химическая лаборатория освободила для посева хлебов огромные площади земли и в то же время дала возможность получать гораздо больше ализарина, чем раньше. Вот что писал по этому поводу еще в 1897 г. известный химик Шорлеммер, друг Маркса и Энгельса:

«Открытие Гребе и Либермана произвело полный переворот в ситцепечатании, в крашении и в производстве мареновых препаратов гораздо скорее, чем ожидали. В настоящее время марена находит лишь весьма ограниченное применение при крашении шерсти. Двадцать лет тому назад годичный сбор марены составлял около 500 тысяч тонн, из которых половина приходилась на Францию. Но уже десять лет тому назад весь вывоз из Авиньона (старинный торговый город во Франции) составлял 500 тонн. Когда друг автора, посетивший несколько лет тому назад этот интересный старый город, попросил показать ему плантации марены, то он получил в ответ: «Она больше не растет, так как ее производят машинами»...

Такая же история произошла и со знаменитым синим красителем индиго: растения, из которых он добывается, разводили главным образом в Индии. Английские капиталисты много «зарабатывали» на этой краске, вывозя ее из Индии, примерно, на 40 миллионов рублей ежегодно. Но вот опять-таки немецкие химики Байер и Гейман находят способы искусственного получения этой краски из нафталина. Нафталин добывается тоже из каменноугольного дегтя. Искусственное индиго гораздо чище и дешевле получаемого из растений, почему оно теперь почти вытеснило с рынка привозный английский. Уже в 1913 г. англичане вывезли из Индии индиго всего лишь на сумму 600 тысяч

рублей, в то время как только в одной Германии было добыто в этом же году искусственного индиго на 20 миллионов рублей.

Из веществ, добываемых из каменноугольного дегтя, химиками искусственно получены тысячи красок всех цветов и оттенков, которые в природе совсем не встречаются. Многие из этих красок по своей красоте и прочности не только не уступают природным, но даже превосходят их. Например, знаменитый пурпур древних, добывавшийся с большим трудом и в ничтожных количествах из пурпурной улитки и употреблявшийся в свое время лишь для окраски одежды царей и знатных людей, был получен современными химиками искусственно, но... забракован промышленностью, как значительно уступающий по своим качествам применяемым теперь искусственным красителям. У нас в СССР эта отрасль промышленности, называемая анилинокрасочной, тоже получает широкое развитие. В царской России в 1913 г. было выработано всего 1600 тонн анилиновых красителей, причем полуфабрикаты для них целиком ввозились из-за границы. Поэтому нам пришлось создавать анилинокрасочную промышленность почти заново и не только по линии производства красителей, но и по линии получения собственных полуфабрикатов. Рис. 70 показывает, как росло производство красителей и полуфабрикатов для них только за последние четыре года. Сейчас мы производим разнообразнейшие органические красители и среди них знаменитый индиго.

Не менее важна работа химической лаборатории и в области изготовления лекарственных веществ. Например, такие средства, как аспирин, салол, антифебрин, фенацетин, салициловая кислота, сальварсан и многие другие, готовятся искусственно из веществ, добываемых из каменноугольного дегтя. И в этой области советская химия может также отметить значительные успехи. За годы двух пятилеток наша промышленность поставила производство многочисленных лечебных средств, среди которых есть и такое сложное вещество, как акрихин, вполне заменяющий хинин при борьбе с изнурительной малярией.

Успехи химической лаборатории тесно связаны с запросами техники. Особенно наглядно проявляется эта связь на таких примерах, как получение искусственной нефти и искусственного каучука.

Вы знаете, какое огромное значение имеет в современной промышленности нефть. Поэтому во многих промыш-

ленных странах, не имеющих собственных природных источников нефти, вопрос о нефти стоял очень остро, особенно в Германии во время войны. Немудрено, что ряд исследователей занялся поисками путей искусственного приготовления нефти, которая химически является смесью

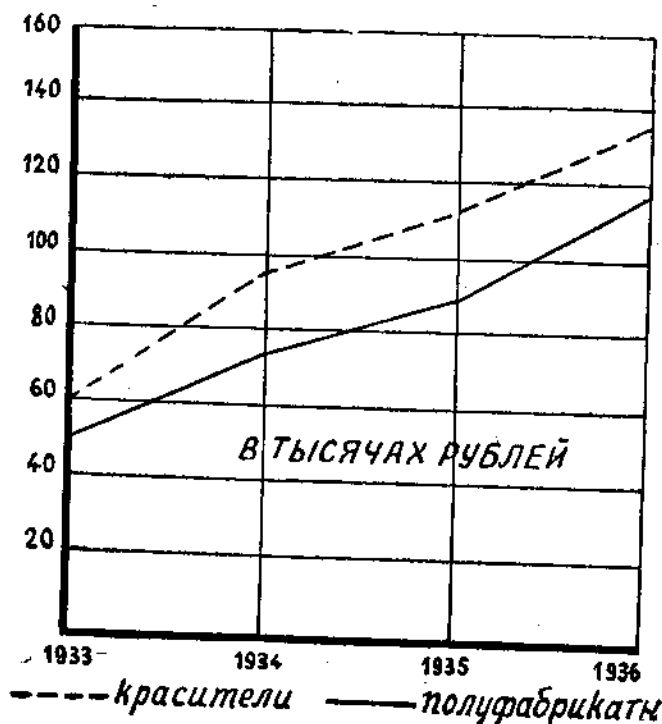


Рис. 70. Рост производства красителей и полуфабрикатов в СССР за 1933—1936 гг. (в тысячах рублей). Сплошной линией показан рост производства красителей, пунктирной — полуфабрикатов.

углеводородов, т. е. соединений углерода с водородом. Эти поиски увенчались успехом. В настоящее время во многих странах нефть готовят искусственно из низкосортных бурых каменных углей, нагревая их при очень большом давлении с водородом.

Огромный спрос предъявляет современная промышленность и на каучук. Каучук — это свернувшийся млечный сок некоторых растений, растущих в жарких странах.

Производство его находится главным образом в руках английских капиталистов, которые при всяком удобном случае взвинчивают цены на этот и без того недешевый материал. И здесь химическая лаборатория пошла навстречу запросам промышленности. В 1909 г. немецкому химику Гофману удалось приготовить искусственный каучук из изопрена (соединение углерода с водородом — C_5H_8). Потом удалось получить каучук и из других, похожих на изопрен веществ. Во время мировой империалистической войны в Германии начали было производить искусственный (или синтетический) каучук, но после войны это производство прекратилось, так как применявшийся способ оказался невыгодным. Иначе пошло дело у нас в СССР.

Мы не могли мириться с зависимостью от капиталистических стран в отношении такого важного продукта для мирной жизни и для обороны страны, как каучук. Перед нашими учеными-химиками была поставлена задача во что бы то ни стало разработать выгодный способ искусственного получения каучука. И эта задача была блестяще разрешена.

В 1928 г. советский химик Лебедев представил два килограмма каучука, полученного в конечном счете из... картошки. Из картофеля, как известно, получают спирт, а из этого спирта Лебедев сумел получить в достаточных количествах дивинил, соединение углерода и водорода, родственное по своему строению изопрену. После особой обработки дивинил превращается в искусственный каучук, по многим своим свойствам не только не уступающий натуральному, но даже превосходящий его. Теперь у нас ряд заводов уже готовит большие количества каучука по способу профессора Лебедева в широком промышленном масштабе. Мало того, советские ученые разработали и другие способы получения синтетического каучука (сокращенно СК), и теперь мы стоим на первом месте в мире по производству СК. Синтетический каучук — огромное завоевание советской химической лаборатории и рабочего класса Страны Советов.

Важнейшим достижением химической лаборатории (главным образом в XX веке) является также создание разнообразнейших пластических масс — бакелита, карболита, галалита, этролей, глутелей и целого ряда других. Эти искусственные продукты отличаются высокой прочностью, водонепроницаемостью, стойкостью по отношению к действию кислот и других веществ, легкостью,

дешевизной. Во многих отраслях техники они с успехом заменяют металлы и широко применяются в химической и текстильной промышленности, в производстве искусственного шелка (также созданного химической лабораторией), в строительстве вагонов и судов, аэропланов и автомобилей, станков для обработки металлов и дерева и т. д.

В заключение этой главы приведем еще один пример работы химической лаборатории в важнейшем деле увеличения пищевых ресурсов человечества.

Долгое время люди умели добывать сахар только из сахарного тростника, растущего в жарких странах. Еще несколько сот лет тому назад сахар в Европе был так дорог, что им могли лакомиться лишь очень богатые люди. Но вот в середине XVIII века немецкий химик Маркграф открыл, что тростниковый сахар можно добывать из свеклы. Правда, прошло немало времени, пока открытие Маркграфа удалось реализовать в широком промышленном масштабе, но зато теперь сахар сделался сравнительно дешевым и доступным продуктом питания. Открытие Маркграфа и разработка этого открытия химической лабораторией широко раздвинули географические границы производства сахара вплоть до тех мест, где успешно может произрастать сахарная свекла. Однако в настоящее время химики стремятся еще гораздо более расширить эти границы.

Еще в 1819 г. французский ученый Анри Бракконо сообщил, что ему удалось химическим путем получить сахар из древесных отбросов и даже... из льняных тряпок. Над сообщением Бракконо сначала смеялись, но проверка его опытов другими учеными показала, что Бракконо был прав: обрабатывая измельченную древесину крепкой серной или соляной кислотой, из нее можно получить сахар. Правда, это был не тростниковый сахар, а менее сладкий сахар, называемый глюкозой, или виноградным сахаром. Но, во-первых, в очищенном виде глюкоза прекрасное питательное средство, а во-вторых, из неочищенной глюкозы путем ее сбраживания можно получить обыкновенный спирт, широко применяемый в технике.

Неумудрено поэтому, что в химических лабораториях начали искать способов применять открытие Бракконо в широком промышленном масштабе. Однако задача оказалась не такой легкой, и лишь теперь, спустя сто с лишним лет после сообщения Бракконо, она может считаться в ос-

новном разрешенной. В настоящее время «сахар из дерева» получается уже в заводском масштабе, причем часть его сбраживается на спирт, а часть (в неочищенном виде) идет на приготовление питательного корма для скота. В очищенном виде сахар из дерева может идти и для питания человека. Немецкий химик Бергиус, разработавший заводский способ получения сахара из дерева, говорит по этому поводу:

«В странах, где дерево имеется в больших количествах,... древесный сахар может производиться по более дешевым ценам, чем тростниковый сахар теплого климата... Древесный сахар представляет не только корм для скота, но также источник глюкозы для пищи человека. С этих пор основные элементы нашего питания могут быть получены из сырьевых материалов, которыми Европа располагает в изобилии».

Таким образом, химическая лаборатория дает возможность и древесину превратить в питательное вещество для человека — или непосредственно в форме очищенного сахара или обходным путем, в форме углеводных кормов для скота. А так как для осахаривания идет, главным образом, древесина хвойных деревьев (ели, сосны, пихты и т. п.), то это значит, что работа химической лаборатории раздвинула теперь географические пределы сырьевых ресурсов сахара до крайних северных границ произрастания хвойных деревьев.

Приведенные примеры блестящих побед химической лаборатории в ее соревновании с природой в деле создания нужных для человека веществ наглядно показывают, какое огромное значение имеет химия для завоевания природы человеческим обществом.

25. Химия и социалистическое строительство

В этой книжке было очень коротко рассказано о важнейших законах химии — науки о превращении вещества. Посмотрим теперь, какое значение имеет химия для нашего социалистического строительства.

Как мы уже говорили, химия, как и всякая наука, выросла из потребностей производства. Ее постепенно создало человеческое общество в борьбе своей за жизнь, за пищу, за удовлетворение других своих потребностей. Готовя себе пищу, выплавляя металлы из руд, обжигая посуду, готовя краски, стекло и другие вещества, люди из-

давна пользовались химическими процессами, приучались производить их все лучше, понимать их все глубже и таким образом увеличивали свои знания о веществе. На этой основе и выросла химия.

Развиваясь и совершенствуясь в тесной связи с производством, химия, в свою очередь, оказывала огромное влияние на его развитие.

Можем ли мы представить себе нашу жизнь без металлов? Машина, без которой не может обойтись ни одна отрасль современной промышленности и которая завоевывает уже одну из древнейших областей человеческого труда — земледелие, — она немыслима без металла.

А пути сообщения и средства сношения людей между собою! Бесконечные ленты стальных рельсов, перерезывающих по различным направлениям сушу, гигантские пароходы, бороздящие поверхность океанов и морей, послушные руке человека воздушные аппараты, подводные лодки, трамваи, сети телеграфных и телефонных проводов и так далее и так далее — все это из металла. И даже новейшие завоевания в области средств сношения, радиотелеграф и радиотелефон, передающие свои сигналы без проводов, все-таки не могут обойтись без металла. Современные гигантские мосты и здания, системы отопления и освещения, водопроводные и канализационные сети, все это возможно только благодаря металлу. Взгляните вокруг себя, и даже в своем маленьком домашнем обиходе вы найдете множество металлических вещей, без которых вы вряд ли сможете обойтись. Каким же путем и откуда добывает человеческое общество материал для всех этих вещей? Оно добывает его из земной коры, из находящихся в ней металлических руд — веществ обычно ни по виду своему, ни тем более по свойствам на металлы совсем не похожих. И благодаря знанию химии оно перерабатывает эти руды, оно превращает их в другие вещества, в металлы.

Без машины не может обойтись современное производство. Для того чтобы она работала, ее надо питать энергией. Здесь человеческое общество опять-таки пользуется, главным образом, химическими процессами — сжиганием топлива. Но оно уже не довольствуется только тем, что добывает эту энергию непосредственным превращением встречающихся в природе видов топлива в золу и газы. Нет. Нередко ему выгоднее сначала превратить природное топливо в топливо искусственное, более соответствующее по своим свойствам тем задачам, которые

стоят перед тем или иным производством. Так, например, дрова оно превращает в уголь, каменный уголь — в кокс; торф, угольную мелочь, опилки и пр. — в генераторный газ; уголь — в водяной газ; из сырой нефти получает бензин и т. д. Какое это имеет значение, видно хотя бы из того, что без кокса, например, не могла бы развиваться доменная плавка железных руд и плавка медных руд в шахтных печах, без бензина едва ли достигли бы такого совершенства автомобильные и воздухоплавательные двигатели, без водяного и генераторного газов были бы сильно затруднены многие металлургические процессы... Таким образом и здесь, в области получения разнообразнейших видов топлива, химия играет огромнейшую роль.

Возьмем производство кислот и щелочей (едкого натра, едкого кали и других). Основой этих производств является производство серной кислоты, о которой мы говорили уже раньше. Серная кислота, как мы видели, необходима в писчебумажном, стеариновом, нефтеочистительном, содовом и целом ряде других производств; с ее помощью готовится соляная, азотная, уксусная, карболовая кислоты, бром, иод, квасцы, разные купоросы, эфир, глицерин, красители, некоторые искусственные удобрения и т. п. Вот какое большое значение имеет один только искусственный процесс превращения серного колчедана и других веществ в серную кислоту. Не менее обширны, конечно, и области применения других кислот и щелочей.

Осветительные материалы... Совсем еще не так давно человек для борьбы с мраком ночи должен был пользоваться непосредственно материалами, доставляемыми ему природой — лучиной, растительными и животными жирами... Теперь благодаря химии он готовит стеарин, парафин, керосин, светильный газ, ацетилен... И даже тогда, когда легкий поворот штепселя заливает ярким электрическим светом комнату, здесь опять-таки важную роль играет химия. Ибо только благодаря знанию химии приготовлен тот тонкий волосок, который так ярко светит внутри электрической лампочки.

Возможна ли была бы наша культура без бумаги, чернил, типографской краски? Многого ли стоили бы все разговоры о необходимости чистоты и гигиены, если бы не было мыла и обеззараживающих веществ? И то и другое готовится с помощью химии. Без химии у нас не было бы также фотографии, кинематографа, взрывчатых веществ, богатого разнообразия красителей, различного ро-

да полезных суррогатов (заменителей), душистых веществ и пр. А сельское хозяйство? К чему привела бы постоянная эксплуатация земли при все увеличивающейся численности населения на земном шаре, как не к полному ее истощению? И только благодаря химии человеческое общество может предотвратить это бедствие, готовя искусственные удобрения.

Современная медицина... Как беден и как мало действителен был бы набор ее лечебных средств, если бы не было химии. Шестьсот шесть разнообразнейших веществ, содержащих в своем составе мышьяк, приготовил и испробовал немецкий ученый Эрлих, пока он не нашел действительно средство против страшного бича человечества — сифилиса. Но он не остановился на этом, он творил все новые и новые вещества, из которых девятьсот сорок одно оказалось еще более пригодным для этой цели. Надо ли перечислять все те созданные человеческим обществом благодаря знанию химии вещества, которые заполняют полки наших аптек и приносят желанное облегчение и выздоровление при болезнях.

Думается, что приведенные примеры достаточно ясно показывают, насколько важную роль в производственной деятельности играет химия. И особенно важную роль предстоит ей еще сыграть в развитии социалистической промышленности и сельского хозяйства нашего Советского Союза.

Все решающие отрасли народного хозяйства тесно связаны с развитием химической промышленности. Возьмем наше социалистическое сельское хозяйство, важнейшей задачей которого является сейчас повышение урожайности и освоение новых земельных массивов с целью выполнения сталинского задания давать стране в ближайшие годы 7—8 миллиардов пудов зерна ежегодно. Может ли быть выполнена эта задача без самого широкого применения искусственных удобрений и средств для борьбы с вредителями сельского хозяйства? Нет, не может. Поэтому-то партия и советское правительство обращают теперь такое большое внимание на быстрое развертывание производства удобрений и средств борьбы с вредителями. В этом направлении химия дает широкие возможности использования имеющегося в стране сырья.

Апатиты и фосфориты с помощью химии превращаются на наших заводах в разнообразные фосфорные удобрения. Аммиак газовых и коксовальных заводов, азот воз-

духа дают азотные удобрения. Мощные залежи калийных солей близ Соликамска служат неисчерпаемым источником калийных удобрений. И если в царской России производства минеральных удобрений почти не было, то сейчас наши химические заводы дают социалистическому сельскому хозяйству СССР миллионы тонн удобрений, которые в основной массе производятся на новых заводах. Один за другим вступили в строй наши мощные химические комбинаты, на которых работают заводы удобрений (Березниковский, Сталиногорский, Невский, Воскресенский, Актюбинский, Кировская обогатительная фабрика, Соликамские калийные рудники и другие). За ними последует ряд новых, и недалеко то время, когда наша страна будет производить больше удобрений, чем все другие страны. Уже сейчас по производству суперфосфата мы занимаем первое место после Соединенных Штатов Америки.

Быстрыми темпами разворачивается и производство химических средств для борьбы с вредителями сельского хозяйства — различными вредными насекомыми, грызунами, грибными паразитами, бактериями и другими непрошенными нахлебниками, наносящими громадные убытки сельскому хозяйству.

Наша страна обладает исключительными лесными богатствами. Но прошло то время, когда леса использовались лишь как топливо и строительный материал. Теперь такая эксплуатация лесов считается хищнической. Благодаря химии мы можем получать из дерева целлюлозу — сырье для бумажной и других отраслей промышленности, уксусную кислоту, древесный спирт, формалин, ацетон, скипидар, канифоль, пихтовое масло, сахар и целый ряд других важных продуктов. Поэтому внедрение химии в лесное хозяйство, широкое развитие лесохимической промышленности являются одной из самых важных очередных задач нашего социалистического строительства.

Возьмем еще один пример — химию пластических масс, о которых мы бегло уже упомянули. Вы хорошо знаете одного из первых представителей пластических масс — целлулоид, из которого выделывают кино- и фотопленки, граммофонные пластинки, искусственную кожу, аккумуляторные ящики, электрические и тепловые изоляторы, гребенки, пуговицы и многие другие предметы. В настоящее время химики получили целый ряд разнообразных пластических масс, нашедших широкое применение в технике. Например, из карбодовой кислоты и формалина го-

товятся бакелит и карболит, из карболовой кислоты и мочевины — поллопаст, из карболовой кислоты и глицерина — актролит, из творога и формалина — галалит, из кожаных отходов — глутол и т. д. «Химия пластических масс, — говорила в 1932 г. «Правда», — это стекло для автомобилей, части магнето, это бесшумные шестерни, рулевые колеса и рычаги коробок скоростей, которыми оборудуются автомобили. Химия пластических масс — это большая самостоятельная область промышленности, которая может сэкономить сотни тысяч тонн металла. Пластические массы могут заменить цветные металлы, каучук и другие дорогие и дефицитные материалы». Поэтому и производство пластических масс стало тоже в порядок дня нашего строительства. Пионером здесь явился Охтенский химический завод, поставивший в 1926 г. производство целлулоида, а в 1930 г. — искусственной камфоры и так называемого этрола. Теперь пластические массы производятся уже на целом ряде заводов. В 1932 г. пластических масс было произведено на 70 миллионов руб., в 1935 г. — на 140 млн. руб., а в 1936 г. производство пластмасс заняло у нас первое место среди других производств синтетической химии.

Можно было бы привести еще очень многие примеры значения химии для нашего социалистического строительства. Химия играет огромную роль в обработке нефти, в машиностроении, в металлургии, в текстильной и пищевой промышленности и пр. Мы здесь ограничимся еще упоминанием о колоссальном значении химии для обороны нашей страны и ее социалистического строительства.

Пока существует капитализм, войны неизбежны, потому что «война не случайность.., а неизбежная ступень капитализма, столь же законная форма капиталистической жизни, как и мир» (Ленин). Кроме того, факт существования на одной шестой части земного шара государства, построившего в основном социализм, вызывает звериную ненависть к этому государству со стороны, в первую очередь, фашистских стран. Уничтожение «очага коммунистической заразы» путем вооруженной интервенции, захват наших природных богатств, раздел и превращение нашего прекрасного отечества в порабощенную колониальную страну — вот те цели, которых и не думают скрывать фашистские агрессоры. Поэтому СССР, проводящий под руководством партии и советского правительства большевистскими темпами социалистическую перестройку своего

хозяйства, создающий счастливую и радостную жизнь для всех трудящихся, должен быть в то же время постоянно готовым отразить нападение врага. Вот почему задачи обороны страны еще долгое время должны будут стоять в центре внимания трудящихся Союза. А в деле обороны страны огромную роль играет химия.

Развитие техники приводит к новым способам ведения войны, использующим новейшие достижения техники. В ход пускаются новые виды оружия. Так, в борьбе городских общин с феодальным рыцарством огромную роль сыграл первый по времени изобретения представитель взрывчатых веществ — черный порох, против действия которого не могли устоять стены средневековых замков, не могли защитить рыцарские латы. В мировую империалистическую войну 1914—1918 гг. таким новым оружием явились боевые отравляющие, а также зажигательные, дымовые и т. п. вещества, базой для возможности широкого применения которых явилось мощное развитие химической промышленности. И этот новый вид оружия требует к себе в настоящее время особенного внимания, так как его роль в будущей войне, несомненно, намного возрастет. Этому отнюдь не противоречит тот факт, что лицемерные заправилы буржуазных государств с целью усыпить бдительность трудящихся масс подписали 17 июня 1925 г. на Женевской конференции «протокол о запрещении применять на войне удушливые, ядовитые или подобные газы и бактериологические средства». Несмотря на этот протокол, все фашистские правительства усиленно готовятся к самому широкому использованию как химических, так и бактериальных средств борьбы. Настоящую же цену международным соглашениям империалистических хищников ярко показывают разбойничанье Японии в Китае, варварский разгром почти безоружных абиссинцев итальянскими фашистами, вооруженными всеми современными техническими средствами разрушения и убийства и ничуть не стеснявшимися применять отравляющие и зажигательные вещества против лишенного каких бы то ни было средств защиты мирного населения, бесцеремонный разрыв своих международных обязательств германским фашизмом, наглая интервенция итальянского и германского фашизма в Испании и т. д.

Советское правительство, неуклонно проводящее последовательную политику мира, не только выдвигает требования о всеобщем разоружении, но и поддерживает также

любое начинание, способное отдалить угрозу войны и ослабить ее разрушительное действие. Оно поэтому присоединило свою подпись к Женевскому протоколу. Но к более чем вероятному случаю нарушения соглашения со стороны нашего классового врага мы должны быть готовы. Германские, японские и прочие фашисты продолжают усиленно вооружаться и готовить нападение на наш Союз. Поэтому и нам приходится быть настороже, поэтому и химическое нападение мы должны суметь отразить и разгромить врага. И наши красные химики — рабочие, инженеры и ученые — сумеют приготовить на наших заводах достаточное количество средств защиты от химического оружия и хорошо вооружить Красную армию для защиты завоеваний революции.

Заправи́лы капиталистических стран отлично знают, какое огромное значение имеет химическая промышленность для ведения войны, и поэтому усиленно развивают у себя именно те ее отрасли, которые могут быть использованы в военных целях. Наша химическая промышленность, в отличие от капиталистической, служит в первую очередь нуждам социалистического строительства и имеет своей целью непрерывное повышение благосостояния широких масс трудящихся. Но в то же время рост и укрепление нашей химпромышленности в неизмеримой степени повышает обороноспособность страны социализма. И фашистские атрессоры это тоже отлично сознают. Недаром их трижды презренные наемиты — враги народа, подлые троцкисты, стараясь «наносить чувствительные удары в наиболее чувствительных местах», уделяли такое огромное «внимание» в своей вредительской работе предприятиям химической промышленности.

За время существования советской власти наша страна создала мощную химию и заняла третье или даже по отдельным отраслям химической промышленности второе место в мире. Уже в 1933 г. товарищ Сталин на объединенном пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) мог заявить: «У нас не было серьезной и современной химической промышленности. У нас она есть теперь». За короткий промежуток времени мы прошли тот путь, который капиталистическая химическая промышленность проделывала в течение 150 лет.

При социалистической перестройке нашего народного хозяйства широко проводится химизация, т. е. вне-

дрение химии во все его отрасли и мощное развитие химической промышленности. Химизация включает в производственный оборот неисчерпаемые источники нашего сырья, позволяет целесообразно использовать отходы различных производств и бурно развивает производительные силы СССР.

Но проведение химизации тесно связано с распространением химических знаний среди трудящихся масс. Рабочие химических и других заводов, на которых применяются химические процессы, могут сознательно улучшать производство и увеличивать производительность своего труда только в том случае, если они обладают основными сведениями по общей химии и хорошо разбираются в химических процессах своего производства. Колхозники и работники совхозов могут правильно применять удобрения и средства для борьбы с вредителями, сознательно проводить известкование почв и другие агрокультурные мероприятия тоже только в том случае, если они обладают соответствующими химическими познаниями. Наша химическая промышленность сможет успешно развиваться только тогда, когда она будет обеспечена достаточными кадрами химиков, техников, лаборантов, инженеров. Наши научно-исследовательские химические институты должны быть обеспечены кадрами высококвалифицированных химиков — ученых и исследователей. Все это налагает на каждого сознательного участника в великом деле нашего социалистического строительства обязанность постоянно расширять свои знания по химии и всеми мерами способствовать распространению химических сведений среди трудящихся масс.

Но этим не ограничивается значение изучения химии. Оно не только — мощный рычаг для дальнейшего подъема нашего социалистического хозяйства. Оно играет большую роль в деле раскрытия законов природы и помогает овладеть могучим оружием борьбы за коммунизм — диалектическим материализмом.

Нужно ли говорить о том, насколько необходимо это оружие и для борьбы с проклятым пережитком прошлого — религиозными предрассудками?

После Великой пролетарской Октябрьской революции у нас уже нет места эксплуатации человека человеком. Однако наследие прошлого — религиозные предрассудки еще не всеми трудящимися изжиты, что и пытаются ис-

пользовать в своих контрреволюционных целях остатки разбитых классов.

И в деле разоблачения поповских рассказней и библейских сказок о «сотворении мира из хаоса», «сотворении человека из глины», «чудесного превращения воды в вино», «чудесного низведения огня с неба» и тому подобных нелепостей — огромную роль должна сыграть химия, раскрывающая великие законы вечного круговорота вещества в природе и его превращений.

Список

химических элементов в алфавитном порядке русских названий

Название элемента	Химический знак	Как произносится в химических формулах	Атомный вес
Азот	N	эн	14,008
Активный	Ac	активный	230,
Алюминий	Al	алюминий	26,97
Аргон	Ar	аргон	39,944
Барий	Ba	барий	137,36
Бериллий	Be	бериллий	9,02
Бор	B	бэ	10,82
Бром	Br	бром	79,916
Ванадий	V	ванадий	50,95
Висмут	Bi	висмут	209,0
Водород	H	аш или ха	1,0078
Вольфрам	W	вольфрам	184,0
Гадолиний	Gd	гадолиний	156,9
Галлий	Ga	галлий	69,72
Гафний	Hf	гафний	178,6
Гелий	He	гелий	4,002
Германий	Ge	германий	72,60
Гольмий	Ho	гольмий	163,5
Диспрозий	Dy	диспрозий	162,46
Европий	Eu	европий	152,0
Железо	Fe	феррум	55,84
Золото	Au	аурум	197,2
Иллий	Il	иллий	не опред.
Индий	In	индий	114,76
Иод	I	иод	126,92
Иридий	Ir	иридий	193,1
Иттербий	Yb	иттербий	173,04
Иттрий	Y	иттрий	88,92
Кадмий	Cd	кадмий	112,41
Калий	K	калий	39,096
Кальций	Ca	кальций	40,08
Кислород	O	о	16,000
Кобальт	Co	кобальт	58,94
Кремний	Si	силициум	28,06
Криптон	Kr	криптон	83,7
Ксенон	Xe	ксенон	131,3
Лантан	La	лантан	138,92
Литий	Li	литий	6,94
Лютеций	Lu	лютеций	175,0
Магний	Mg	магний	24,32
Мазурий	Ma	мазурий	не опред.
Марганец	Mn	марганец	54,93
Медь	Cu	купрум	63,57

Название элемента	Химический знак	Как произносится в химических формулах	Атомный вес
Молибден	Mo	молибден	96,0
Мышьяк	As	арзеникум	74,91
Натрий	Na	натрий	22,997
Неодим	Nd	неодим	144,27
Неон	Ne	неон	20,183
Никель	Ni	никель	58,69
Ниобий	Nb	ниобий	92,91
Олово	Sn	станнум	118,70
Осмий	Os	осмий	191,5
Палладий	Pd	палладий	106,7
Платина	Pt	платина	195,23
Полоний	Po	полоний	210,0
Празеодим	Pr	празеодим	140,99
Протактиний	Pa	протактиний	231
Радий	Ra	радий	226,05
Радон	Rn	радон	222
Рений	Re	рений	186,31
Родий	Rh	родий	102,91
Ртуть	Hg	хидраргирум	200,61
Рубидий	Rb	рубидий	85,44
Рутений	Ru	рутений	101,7
Самарий	Sm	самарий	150,43
Свинец	Pb	плюмбум	207,21
Селен	Se	селен	78,96
Сера	S	с	32,06
Серебро	Ag	аргентум	107,88
Скандий	Sc	скандий	45,10
Стронций	Sr	стронций	87,63
Сурьма	Sb	стибиум	121,76
Таллий	Tl	таллий	204,39
Тантал	Ta	тантал	180,88
Теллур	Te	теллур	127,61
Тербий	Tb	тербий	159,2
Титан	Ti	титан	47,90
Торий	Th	торий	232,12
Тулий	Tu	тулий	169,4
Углерод	C	с	12,00
Уран	U	уран	238,07
Фосфор	P	п	31,02
Фтор	F	фтор	19,00
Хлор	Cl	хлор	35,457
Хром	Cr	хром	52,01
Цезий	Cs	цезий	132,91
Церий	Ce	церий	140,13
Цинк	Zn	цинк	65,38
Цирконий	Zr	цирконий	91,22
Эрбий	Er	эрбий	167,64

Периодическая система

Периоды	Ряды	Г р у п п ы			
		I	II	III	IV
I	1	1. H Водород 1,0078			
II	2	3. Li Литий 6,94	4. Be Бериллий 9,02	5. B Бор 10,82	6. C Углерод 12,00
III	3	11. Na Натрий 22,997	12. Mg Магний 24,32	13. Al Алюминий 26,97	14. Si Кремний 28,06
IV	4	19. K Калий 39,096	20. Ca Кальций 40,08	21. Sc Скандий 45,10	22. Ti Титан 47,90
	5	29. Cu Медь 63,57	30. Zn Цинк 65,38	31. Ga Галлий 69,72	32. Ge Германий 72,60
V	6	37. Rb Рубидий 85,44	38. Sr Стронций 87,63	39. Y Иттрий 88,92	40. Zr Цирконий 91,22
	7	47. Ag Серебро 107,88	48. Cd Кадмий 112,41	49. In Индий 114,76	50. Sn Олово 118,70
VI	8	55. Cs Цезий 132,91	56. Ba Барий 137,36	57—71 Элементы редких земель	72. Hf Гафний 178,6
	9	79. Au Золото 197,2	80. Hg Ртуть 200,61	81. Tl Таллий 204,39	82. Pb Свинец 207,21
VII	10	87. —	88. Ra Радий 226,05	89. Ac Актиний (230)	90. Th Торий 232,12

Э л е м е н т ы р е

57. La Лантан 138,92	58. Ce Церий 140,13	59. Pr Празеодим 140,99	60. Ne Неодим 144,27
65. Tb Тербий 159,2	66. Dy Диспрозий 162,46	67. Ho Гольмий 163,5	68. Er Эрбий 167,64

ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Э Л Е М Е Н Т О В

V	VI	VII	VIII			0
						2. He Гелий 4,002
7. N Азот 14,008	8. O Кислород 16,000	9. F Фтор 19,00				10. Ne Неон 20,183
15. P Фосфор 31,02	16. S Сера 32,06	17. Cl Хлор 35,457				18. Ar Аргон 39,944
23. V Ванадий 50,95	24. Cr Хром 52,01	25. Mn Марганец 54,93	26. Fe Железо 55,84	27. Co Кобальт 58,94	28. Ni Никель 58,69	36. Kr Криптон 83,7
33. As Мышьяк 74,91	34. Se Селен 78,96	35. Br Бром 79,916				
41. Nb Ниобий 92,91	42. Mo Молибден 96,0	43. Ma Мазурий —	44. Ru Рутений 101,7	45. Rh Родий 102,91	46. Pa Палладий 106,7	54. Xe Ксенон 131,3
51. Sb Сурьма 121,76	52. Te Теллур 127,61	53. J Иод 126,92				
73. Ta Тантал 180,88	74. W Вольфрам 184,0	75. Re Рений 186,31	76. Os Осний 191,5	77. Jr Иридий 193,1	78. Pt Платина 195,23	86. Rn Радон 222
83. Bi Висмут 209,0	84. Po Половий (210,0)	85. —				
91. Pa Протактиний (231)	92. U Уран 238,07					

Д К И Х з е м е л ь

61. Li Итлийний —	62. Sm Самарий 150,43	63. Eu Европий 152,0	64. Gd Гадолиний 159,6
69. Tl Тулий 169,4	70. Yb Иттербий 173,04	71. Lu Лютеций 175,0	

Новосибирская областная

Библиотека

СОДЕРЖАНИЕ

1. Вещество в природе и технике	5
2. Химические изменения	10
3. Что такое горение	13
4. Удивительный газ	17
5. Какая разница между смесью и химическим соединением	23
6. Что такое вода	25
7. Что горит в заводских толках	31
8. Химическая энергия	38
9. Что такое дыхание	42
10. Растение и углекислый газ	46
11. Удобрения из воздуха	51
12. Элементы древних. Искатели золота	57
13. Химические элементы	64
14. Атомы и молекулы	69
15. Закон сохранения вещества	79
16. Частицы, составляющие вещество, находятся в постоянном движении	82
17. Вещество и жизнь	88
18. Круговорот вещества в природе	99
19. Интернациональный язык химиков	106
20. Периодическая система элементов	108
21. Радий	113
22. В глубинах атома	119
23. Вещество во вселенной	131
24. Соревнование лаборатории с природой	141
25. Химия и социалистическое строительство	150
 Приложения:	
I. Список химических элементов в алфавитном порядке русских названий	160
II. Периодическая система химических элементов	162