

ОСНОВЫ ХИМИИ



Dmitri Mendeleev · 1903

Иллюстрированные аудиолекции

Lecturized

ОСНОВЫ ХИМИИ

Иллюстрированные аудиолекции

Dmitri Mendeleev · 1903

Пересказано в иллюстрированных лекциях Lecturized

lecturized.com

По оригиналу: Д. И. Менделеев, Основы химии, 7-е изд. (С.-Петербург, 1903)

Содержание

На весах ничего не пропадает

Весы, которые ловят пропавший газ

Белый порошок и философский камень

Двенадцать дней под стеклянным колоколом

Каждый элемент ведёт свой счёт

Семьдесят семь кирпичиков и сила, которая их связывает

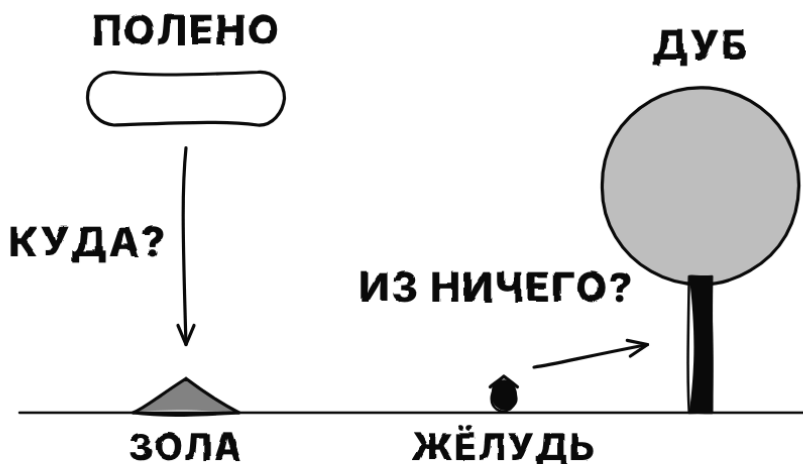
Скрытый запас химической энергии

Тепло открывает и закрывает дверь

Ток, свет, удар и прикосновение платины

На весах ничего не пропадает

Положите полено в костёр и вернитесь через час. Там, где лежало тяжёлое полено, осталась горстка серой золы и несколько чёрных угольков. А теперь представьте обратную картину: семечко легче канцелярской скрепки, а через много лет — дуб весом с грузовик. Кажется, будто в первом случае вещество исчезает бесследно, а во втором появляется из ничего. Менделеев начинает свой великий учебник химии с того, что показывает, почему оба впечатления ложны и почему, разобравшись в этом, химия стала наукой.

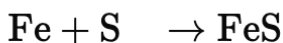


Сгорело в огне, выросло в дереве?

Сначала: чем занимается химия? Менделеев говорит, что её ближайший предмет — изучение однородных веществ, из которых сложены все тела мира, их превращений друг в друга и того, что при этом происходит. Такое превращение называется реакцией. Реакция идёт только тогда, когда вещества соприкасаются как можно теснее, и движут ею силы, присущие мельчайшим, невидимым частицам вещества, которые он называет частицами, или молекулами. Физика уже дала имена тяготению, сцеплению, теплоте, свету и электричеству. Химии пришлось признать нечто большее: скрытые силы внутри мельчайших частиц, спокойные в обычных условиях и явно действующие всякий раз, когда одно вещество становится другим.

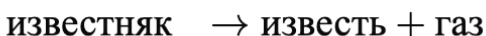
Менделеев делит реакции на три главных вида. Первый — соединение: из двух веществ получается одно новое, или вообще из данного числа веществ выходит меньшее. Его пример можно проделать на школьном столе. Смешайте железные опилки с жёлтым порошком серы. Пока это только смесь, магнит вытянет из неё железо, а подходящая маслянистая жидкость растворит и унесёт серу. Теперь нагрейте смесь. Она раскаляется, и остаётся тёмное новое вещество, сернистое железо, в котором даже в самую сильную лупу не найти ни крупинки железа, ни пылинки серы. Они как бы пропитали друг друга, и их уже нельзя ни различить, ни разделить руками. Соединения обычно выделяют тепло, и обычное горение — как раз такое соединение: топливо соединяется с частью воздуха, называемой кислородом, а получаются газы и пары пламени и дыма. Газовое пламя на кухонной плите — соединение именно такого рода, которое тихо идёт всякий раз, когда вы кипятите воду.

СОЕДИНЕНИЕ



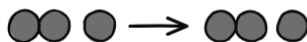
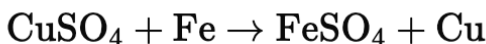
ЖЕЛЕЗО + СЕРА → СЕРНИСТОЕ ЖЕЛЕЗО

РАЗЛОЖЕНИЕ



ГАЗ — УГЛЕКИСЛЫЙ

ЗАМЕЩЕНИЕ



Три вида реакций

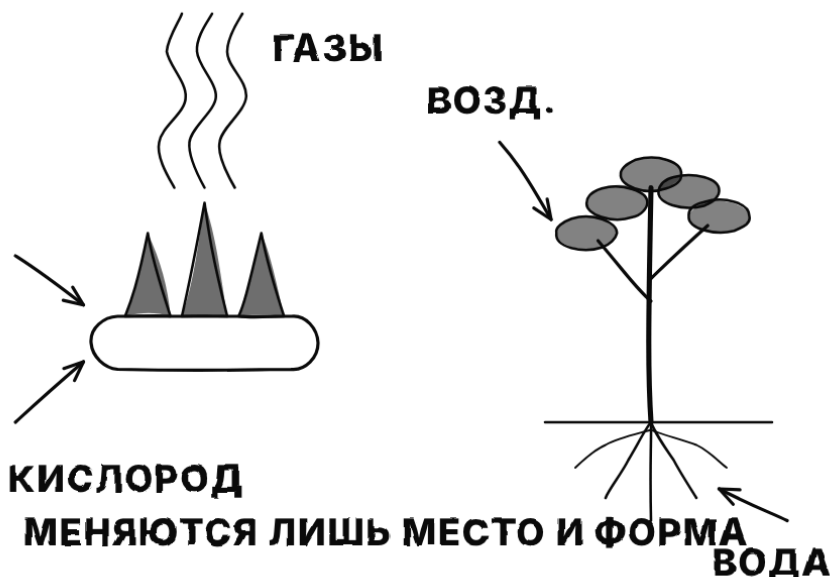
Второй вид — разложение, обратное соединению: одно вещество даёт два, или данное число веществ даёт большее. Сильно нагрейте дерево без доступа воздуха, и получится горючий газ, водянистая жидкость, дёготь и древесный уголь. Когда-то заводы именно так и получали в больших количествах дёготь, светильный газ и уголь. Известняк, мел и мрамор при сильном нагревании тоже разлагаются: они оставляют известь и выделяют особый газ, углекислый газ. Зелёное соединение меди, которое встречается в минерале малахите, делает то же самое при гораздо более низкой температуре, такой, что выдерживает даже тонкое стекло; мы скоро к нему вернёмся. Если соединения обычно выделяют тепло, то разложения обычно его поглощают. Вот почему печь для обжига извести на цементном заводе

должна всё время жечь топливо: расщепить известняк стоит тепла.

Третий вид берёт столько же веществ, сколько отдаёт, и его можно представить как разложение и соединение, идущие вместе. Пусть вначале у вас два тела, а в конце — два других тела. Вообразите, что первое тело распадается на две части, одну оставляет себе как первый продукт, а другую передаёт второму телу, и то, соединившись с ней, даёт второй продукт. Менделеев называет такие реакции замещениями; когда два вещества дают два новых, реакцию называют двойным разложением, или обменом. Вот опыт. Растворите в воде медный купорос, синие кристаллы сернокислой меди, и опустите в синий раствор железный гвоздь. Через некоторое время гвоздь покрывается красной медью, а раствор превращается в железный купорос, сернокислое железо, которое отличается от синей соли только тем, что место меди заняло железо. Так же можно покрыть железо медью, а медь серебром, и эти реакции постоянно применяются на практике. Дешёвая вилка, покрытая гальваникой тонкой плёнкой серебра, — современная родственница этого гвоздя в синей воде.

Почему люди тысячи лет пользовались химическими превращениями, не имея о них науки? Менделеев называет две причины. Первая в том, что большинство превращений в природе и в промышленности запутаны: одновременно идёт много соединений, разложений и замещений. Вторая, более глубокая, в том, что в очень многих реакциях участвуют газы, и прежде всего воздух. Только в шестнадцатом и семнадцатом веках люди поняли, что воздух имеет вес и что газ — особое упругое состояние вещества, которое растекается во все стороны.

До этого газы ускользали от учёта незамеченными, и потому казалось, что вещество может создаваться и уничтожаться.



Куда девается сгоревшее полено

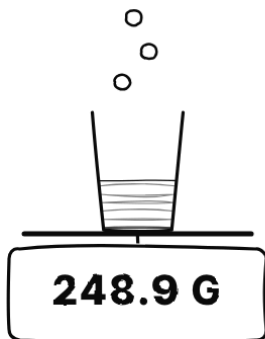
Вернёмся к горящему полену. Его вещество не исчезает; химическое превращение обращает его в газы, которые уходят с дымом. Соберите этот дым, и вы найдёте газы, совсем не похожие на воздух, газы, в которых гаснет свеча и не может дышать животное. Взвесьте их, и окажется, что они весят больше сожжённого дерева. Лишний вес приходит из воздуха: при горении части дерева соединяются с частью воздуха, точно так же, как железо тяжелеет, когда ржавеет. Порох тоже не исчезает, когда вспыхивает; он становится газами и дымом. И семечко разрастается не из самого себя. Оно растёт потому, что листья

поглощают газы из воздуха, а корни тянут воду с растворёнными веществами, и из них собственная химия растения строит его сок и твёрдое тело. Поместите растение в газ без питательной части воздуха, и оно не растёт, а погибает. Вода, которая высыхает с мокрой ткани, тоже не пропадает: она возвращается дождём, росой и снегом, а вода, ушедшая в землю, где-то собирается и снова выходит родником. Итак, вещество при всех физических и химических переменах меняет только место и форму; его количество остаётся прежним. Коротко, по словам Менделеева, вещество для нас вечно.

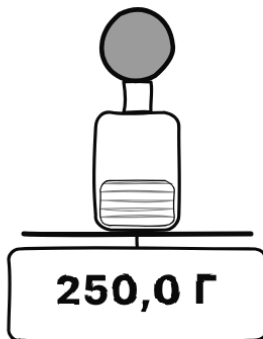
Опыт

Поставьте на кухонные весы стакан с водой и бумажный пакетик с ложкой пищевой соды и запишите показание. Сначала налейте в стакан немного уксуса и снова взвесьте всё вместе, а потом высыпьте соду. Смесь шипит, и если стакан открыт, показание медленно падает, пока газ уходит в комнату. Повторите то же в закрытой пластиковой бутылке с надетым на горлышко воздушным шариком, и показание не сдвинется вовсе. Кухонные весы показывают то, что химики не могли увидеть веками: недостающий вес — это всего лишь газ, который вы выпустили.

ОТКРЫТО



ЗАКРЫТО



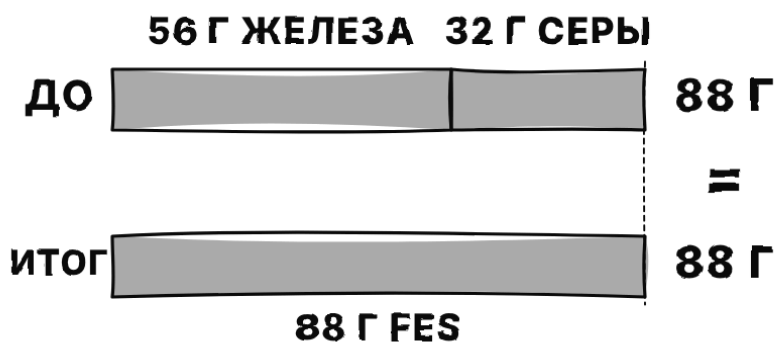
ВЕС ДО = ВЕС ПОСЛЕ

Открытый стакан, закрытая бутылка

Некоторые философы Древней Греции и учёные семнадцатого века, например Мариотт, уже подозревали, что общее количество вещества неизменно, но никто из них не высказал этого ясно и не применил к делу. Опыты, которые решили вопрос, поставил во второй половине восемнадцатого века Антуан Лавуазье, французский академик и к тому же откупщик, которого Менделеев называет основателем современной химии. Орудием Лавуазье были весы, единственный прибор, который прямо и точно показывает количество вещества. Он взвешивал каждое исходное вещество и даже сосуды, которыми пользовался, а потом взвешивал всё, что получилось после превращения. Каждый раз он находил, что общий вес продуктов равен общему весу взятых веществ.

Это закон сохранения вещества, и его можно высказать по-разному: вещество не создаётся и не уничтожается; вещество вечно; масса, или вес, вещества в природе постоянна. Менделеев здесь осторожен. Он указывает, что в этих коротких фразах заключена догадка обо всей природе, а то, что на самом деле наблюдалось, длиннее и скромнее. Во всех наших опытах и во всех изученных явлениях природы никто ни разу не нашёл, чтобы продукты весили больше или меньше взятых веществ, в пределах точности весов. А так как вес пропорционален массе, то есть количеству вещества, никто ни разу не видел, чтобы вещество исчезло или появилось новое. Современные лабораторные весы показывают десятитысячную долю грамма, и закон выполняется и с такой точностью для любой обычной реакции.

Закон не только верен, но и полезен, потому что позволяет составить для каждой реакции баланс, уравнение. Сложите веса всего, что вступает в реакцию; сложите веса всего, что выходит; обе суммы должны быть равны. Вот расчёт вслух, с железом и серой из начала. Нагрейте пятьдесят шесть граммов железа с тридцатью двумя граммами серы, и они дадут одно соединение без остатка. Пятьдесят шесть плюс тридцать два — восемьдесят восемь, значит, сернистое железо должно весить восемьдесят восемь граммов, ни больше ни меньше. А если сгоревшее полено после кажется легче, баланс сразу говорит вам, что что-то покинуло комнату: недостающий вес — в газах дыма.



НЕХВАТКА = ГАЗ

$$56 + 32 = 88$$

Запомним

Химия изучает, как однородные вещества превращаются друг в друга, и каждое такое превращение, реакция, требует теснейшего соприкосновения частиц. Реакции бывают трёх главных видов: соединение, где выходит меньше веществ, чем вошло; разложение, где выходит больше; и замещение, где выходит столько же, сколько вошло, как когда железо занимает место меди в медном купоросе. Химия появилась поздно, потому что реакции запутаны и потому что газы, у которых есть вес, оставались вне учёта. Лавуазье, взвешивая всё до и после, показал, что общий вес никогда не меняется: вещество не создаётся и не уничтожается. Это даёт каждой реакции баланс, в котором то, что вошло, должно весить ровно столько же, сколько то, что вышло.

Вопросы

1. Дым, собранный при горении дерева, весит больше самого дерева. Почему?
 - a. Горение создаёт немного нового вещества из теплоты пламени.
 - b. Части дерева соединяются с частью воздуха, и этот воздух добавляет свой вес.
 - c. Дым плотнее дерева, поэтому то же вещество в виде дыма весит больше.
 - d. Оставшаяся зола передала часть своего веса дыму.

2. Железный гвоздь опускают в синий раствор медного купороса; на нём появляется красная медь, а раствор зеленеет. Какой это вид реакции?
- a. Соединение, потому что медь соединяется с гвоздём.
 - b. Разложение, потому что синяя соль распадается на одну медь.
 - c. Замещение, потому что железо занимает место меди и два вещества дают два новых.
 - d. Вовсе не реакция, а лишь оседание меди из смеси.
3. Почему настоящая наука химия возникла лишь после шестнадцатого и семнадцатого веков?
- a. Только тогда люди поняли, что воздух и газы имеют вес и участвуют в реакциях.
 - b. Только тогда печи стали достаточно горячими, чтобы шли реакции.
 - c. Только тогда люди впервые начали пользоваться химическими превращениями в работе.
 - d. Только тогда молекулы увидели под микроскопом.
4. До нагревания магнит вытягивает железо из смеси железа и серы, а после нагревания не может. Что это показывает?
- a. Теплота уничтожила железо.
 - b. Железо на время стало слишком горячим, чтобы быть магнитным.
 - c. Железо улетело в виде газа, пока смесь раскалялась.
 - d. Образовалось новое вещество, в котором железо и серу уже нельзя различить.

Ответы

1. **b)** При горении дерево соединяется с частью воздуха, так же как ржавеющее железо, поэтому газы несут вес дерева плюс вес поглощённого воздуха.
2. **c)** Два вещества, железо и медный купорос, дают два новых, медь и железный купорос, потому что железо заняло место меди в соли.
3. **a)** Пока не знали, что газы имеют вес, газы незаметно ускользали от учёта, и казалось, что вещество создаётся и уничтожается, так что точный счёт был невозможен.
4. **d)** Они соединились в сернистое железо, в котором ни железо, ни серу нельзя найти или отделить руками, в отличие от прежней смеси.

Разобранные примеры

Взвешиваем соединение Химик нагревает 14 граммов железных опилок с 8 граммами серы. Оба вещества расходуются полностью и образуют сернистое железо. Сколько весит сернистое железо?

По закону сохранения вещества общий вес того, что вышло, равен общему весу того, что вошло.

Вошло 14 граммов железа и 8 граммов серы, вместе 22 грамма.

Больше ничего не участвовало и ничего не осталось, значит, единственный продукт несёт весь вес.

Значит, сернистое железо весит 22 грамма.

Ответ: 22 грамма

Находим невидимый газ Кусок мела весом 100 граммов сильно нагревают, пока он не разложится целиком, и оставшаяся известь весит 56 граммов. Сколько углекислого газа ушло?

Нагревание мела — разложение: одно вещество даёт известь и углекислый газ.

По закону сохранения вещества известь и газ вместе должны весить столько же, сколько мел, 100 граммов.

Извести 56 граммов, значит, газ — это остаток: 100 минус 56.

Это 44 грамма углекислого газа, который незаметно ушёл в воздух.

Ответ: 44 грамма

Задачи

1. Железный гвоздь оставили ржаветь в закрытой банке с воздухом. После этого ржавый гвоздь весит больше, чем чистый. Весит ли закрытая банка со всем содержимым больше, меньше или столько же, сколько раньше? Объясните.

Подсказка: Спросите себя, откуда взялся лишний вес гвоздя и находится ли это место внутри банки.

Ответ: Столько же. Гвоздь потяжелел, соединившись с частью воздуха, а этот воздух уже был внутри банки, поэтому общий вес не изменился: вещество лишь перешло из воздуха в ржавчину.

2. В закрытом сосуде 32 грамма топлива полностью сгорают с кислородом находящегося там воздуха, и образовавшиеся газы весят всего 160 граммов. Сколько кислорода топливо взяло из воздуха?

Подсказка: То, что вошло, топливо и кислород, должно весить столько же, сколько то, что вышло.

Ответ: 128 граммов. Продукты весят 160 граммов, топлива было 32 грамма, значит, соединившегося с ним кислорода 160 минус 32.

3. Маленькое семечко вырастает в дерево, в сотни раз более тяжёлое. Объясните, не называя это созданием вещества, откуда

взялся вес дерева.

Подсказка: Подумайте, что поглощают листья и корни.

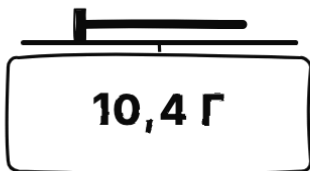
Ответ: Вещество дерева пришло извне: листья поглощают газы из воздуха, а корни тянут воду с растворёнными веществами, и химия растения строит из них его тело. Ничто не создано; вещество лишь изменило место и форму.

Весы, которые ловят пропавший газ

Оставьте блестящий железный гвоздь на неделю в сыром месте. Он становится бурым и шелушится, и если бы вы взвесили его раньше, то нашли бы, что теперь он тяжелее. К нему что-то прибавилось, хотя вы не видели, чтобы к нему что-нибудь подходило. Баланс из прошлой части, где веса вошедшего должны равняться весам вышедшего, сейчас покажет нам, что это такое.

?

$$\sum m_{\text{взято}} = \sum m_{\text{получено}}$$



НЕИЗВЕСТНОЕ → НАЙДЕНО

НЕ СХОДИТСЯ → ПРОПУСК

Ржавый гвоздь весит больше

Менделеев записывает закон одной строкой, которая словами говорит вот что: сумма весов всех взятых веществ равна сумме весов всех полученных веществ. У этого равенства есть практическая польза. Если в нём известны все веса, кроме одного, недостающий можно вычислить. А если химик забудет вещество, которое участвовало в реакции, две суммы откажутся сходиться, и само несовпадение выдаст пропуск. Менделеев говорит, что всякий начинающий химию должен вполне освоиться с этой простой истиной, и потому приводит три примера.

Первый — железо. Во влажном воздухе железо ржавеет, а при сильном нагревании на воздухе покрывается окалиной, землистой коркой, очень похожей на железные руды, которые добывают из земли. Взвесьте железо до и после, и окажется, что оно прибавило в весе. Лавуазье показал, откуда берётся прибавка: из той части воздуха, что называется кислородом, той, что поддерживает горение. Доказательство простое: в пустоте или в газах без кислорода, например в водороде или азоте, железо не ржавеет и не покрывается окалиной. Раз металл потяжелел, окалина должна быть сложнее железа, а её образование — соединением. Ржавчина на старой велосипедной цепи тяжелее чистой стали, которую она съела, потому что взяла кислород из воздуха.



ТЯЖЕЛЕЕ

БЕЗ КИСЛОРОДА НЕТ РЖАВЧИНЫ



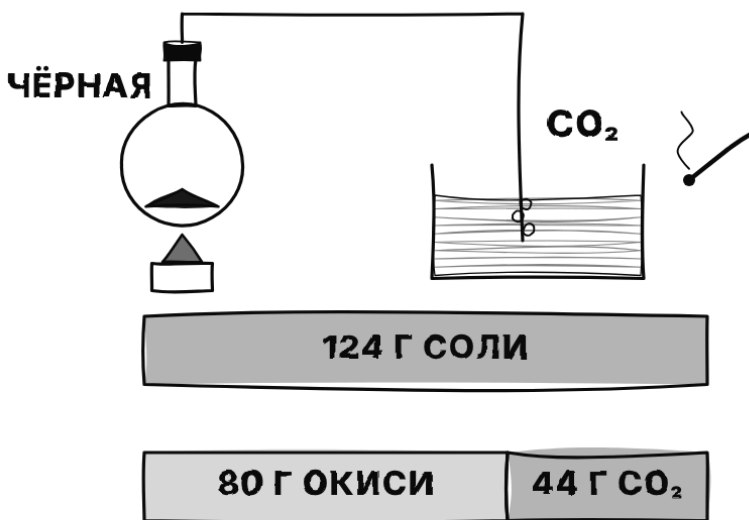
ЛЕГЧЕ

Железо прибавляет, а не теряет

Без весов здесь легко было всё перевернуть, и долгое время люди так и делали. До Лавуазье химики считали окалину более простым телом. Они воображали, что в железе есть таинственное начало, которое называли флогистоном, и что нагревание выгоняет флогистон и оставляет землистую окалину. Но если бы что-то ушло, окалина весила бы меньше железа, а она весит больше. Одно лишь взвешивание опрокинуло старое представление.

Второй пример идёт в обратную сторону. Зелёный порошок, который продают как углекислую медь, и зелёный камень малахит, идущий на украшения и как медная руда, при нагревании чернеют. Чёрное вещество — окись меди, та самая

окалина, которая образуется на меди, нагретой на воздухе. На этот раз чёрный остаток весит меньше зелёной соли. Значит, это разложение: что-то ушло. Закройте сосуд плотной пробкой, проведите от него трубку в воду, и при нагревании сквозь воду пойдут пузырьки газа. Соберите этот газ и внесите в него горящую лучинку, и она погаснет, будто её окунули в воду; это углекислый газ, прозрачный и бесцветный, как воздух, потому его так легко было не заметить.

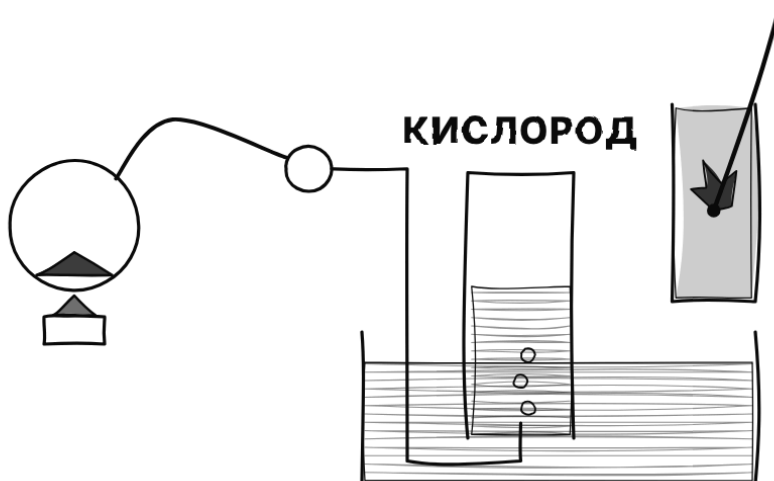


$$124 \text{ г} = 80 \text{ г} + 44 \text{ г}$$

Вот расчёт вслух. Пусть вы нагреваете сто двадцать четыре грамма чистой углекислой меди, и остаётся восемьдесят граммов чёрной окиси меди. Баланс говорит, что окись и газ вместе должны составить сто двадцать четыре грамма. Значит, газ

должен весить сто двадцать четыре минус восемьдесят, то есть сорок четыре грамма. Менделеев говорит, что именно это можно проверить: взвесьте и газ, и веса чёрной окиси и углекислого газа в сумме дадут вес зелёной соли. На лабораторных весах с точностью до сотой грамма сорок четыре грамма невидимого газа видны так же ясно, как восемьдесят граммов чёрного порошка.

Третий пример Менделеев называет особенно важным для истории химии. Нагревайте ртуть на воздухе, и она медленно превращается в красный порошок, красную окись ртути. Положите этот красный порошок в стеклянную реторту, круглую колбу с длинным изогнутым горлом. Горло вставлено через плотную пробку в маленький стеклянный шарик, а от шарика трубка изгибается вниз в чашку с водой. У газа, который образуется, нет другого выхода, кроме трубки, поэтому вы видите его пузырьками в чашке.



Ловим газ под водой

Чтобы поймать газ, высокий стеклянный цилиндр наполняют водой до краёв, закрывают, переворачивают и открывают под водой. Вода остаётся в нём наверху, её держит давление воздуха на чашку. Поставьте отверстие цилиндра над концом трубки, и пузырьки поднимутся в него и вытеснят воду вниз. Когда вы нагреваете реторту, сначала выходит обычный воздух, расширяясь от тепла; потом выходит другой газ. Закройте цилиндр под водой, выньте, поверните отверстием вверх и опустите в него лучинку, которая только тлеет. В обычном воздухе такая лучинка гаснет сама; в этом газе она вспыхивает ярким пламенем. Это кислород, газ, который поддерживает горение гораздо сильнее, чем воздух.

Опыт

Задуйте деревянную спичку и, пока кончик ещё тлеет, поддержите его над пузырьками свежего стакана аптечной перекиси водорода с щепоткой размешанных сухих дрожжей. Пена выделяет кислород, и если тлеющий кончик достаточно близко, он разгорается ярче или даже снова вспыхивает. Это тот же опыт, что описывает Менделеев, только с кухонным стаканом вместо реторты.

Одновременно на холодных частях реторты и в шарике собираются блестящий налёт и капельки жидкого металла: это стущаются пары ртути. Итак, красная окись даёт два тела, ртуть и кислород; из одного стало два, значит, это разложение. И снова веса сходятся. Пусть вы нагреваете двадцать одну целую семь десятых грамма красной окиси и собираете двадцать целых одну десятую грамма ртути; тогда кислород, ушедший в цилиндр, должен весить одну целую шесть десятых грамма.



ДО

21,7 Г ОКИСИ



1,6 Г КИСЛОРОДА



ПОСЛЕ

20,1 Г РТУТИ

ГАЗ ВОЗДУХА И ОГНЯ

$$21,7 \text{ г} = 20,1 \text{ г} + 1,6 \text{ г}$$

Люди до Лавуазье уже умели собирать газы, но именно он показал, какую роль они играют. Кислород, освобождённый из красного порошка, — тот самый газ, что есть в воздухе, газ, которым дышат животные, в котором горят тела и который превращает металлы в ржавчину и окалину, землистые вещества, подобные рудам, из которых добывают металлы. Вот почему этот маленький опыт с красным порошком изменил всю химию.

Запомним

Баланс реакции позволяет найти один неизвестный вес по всем остальным и сразу предупреждает, когда какое-то вещество упущено. Железо тяжелеет, когда ржавеет, потому что соединяется с кислородом воздуха; старая мысль об уходящем флогистоне была ошибкой, как показывает взвешивание. Зелёная углекислая медь при нагревании легчает, потому что разлагается на чёрную окись меди и углекислый газ, и они вместе весят ровно столько, сколько весила соль. Красная окись ртути при нагревании распадается на ртуть и кислород, газ, от которого тлеющая лучинка вспыхивает. Этот кислород — тот же газ, что есть в воздухе, которым мы дышим, и в каждом огне.

Вопросы

1. Железо, нагретое на воздухе, покрывается окалиной и тяжелеет. Что взвешивание говорит нам об окалине?
 - a. Она проще железа, потому что что-то выгнано из металла.
 - b. Она сложнее железа, потому что металл соединился с чем-то из воздуха.
 - c. Это то же вещество, что и железо, только в другом виде.
 - d. Это зола от примесей, сгоревших в железе.

2. Почему мысль о флогистоне рухнула, как только начали тщательно взвешивать?
- a. Оказалось, что флогистон — газ, поэтому он не мог быть внутри металла.
 - b. Никому не удалось собрать флогистон в цилиндр над водой.
 - c. Если бы флогистон уходил из железа, окалина весила бы меньше, а она весит больше.
 - d. Лавуазье показал, что железо при нагревании вообще не образует окислы.
3. Зелёная углекислая медь превращается в чёрную окись меди, которая весит меньше зелёной соли. Какой вывод химик должен сделать прежде всего?
- a. Из соли ушло какое-то вещество, скорее всего газ, которого не видно.
 - b. Часть вещества соли уничтожена жаром.
 - c. Чёрная окись плотнее, поэтому при том же количестве весит меньше.
 - d. Соль соединилась с кислородом воздуха.
4. Как отличить газ из красной окиси ртути от обычного воздуха?
- a. Он гасит горящую лучинку, будто её окунули в воду.
 - b. Он окрашен, а воздух бесцветен.
 - c. Он остаётся в цилиндре, даже если открыть цилиндр отверстием вниз.
 - d. В нём лишь тлеющая лучинка вспыхивает ярким пламенем.

Ответы

1. **b)** Металл потяжелел, значит, что-то прибавилось: окалина — это железо, соединённое с кислородом воздуха, соединение, а не потеря.
2. **с)** Уход чего-либо сделал бы окалину легче железа; окалина тяжелее, поэтому взвешивание опрокинуло старое представление.
3. **a)** Раз вещество не теряется и не создаётся, потеря веса означает, что что-то ушло: здесь бесцветный углекислый газ.
4. **d)** В обычном воздухе тлеющая лучинка гаснет сама; в кислороде она вспыхивает, потому что кислород поддерживает горение гораздо сильнее воздуха.

Разобранные примеры

Газ из зелёной медной соли 124 грамма чистой углекислой меди нагревают, пока она вся не почернеет, и остаётся 80 граммов чёрной окиси меди. Сколько углекислого газа выделилось?

Нагревание зелёной соли — разложение на чёрную окись меди и углекислый газ.

По балансу окись и газ вместе весят столько же, сколько взятая соль, 124 грамма.

Окись весит 80 граммов, значит, газ — это разность, 124 минус 80.

Получается 44 грамма углекислого газа, который незаметно ушёл через трубку.

Ответ: 44 грамма

Кислород из красной окиси ртути 21,7 грамма красной окиси ртути нагревают, пока она вся не разложится, и собирают 20,1 грамма ртути. Сколько кислорода выделилось?

Красная окись разлагается только на два тела, ртуть и кислород.

Значит, ртуть и кислород вместе весят столько, сколько весила окись, 21,7 грамма.

Ртути 20,1 грамма, значит, кислорода 21,7 минус 20,1.

Это 1,6 грамма кислорода.

Ответ: 1,6 грамма

Задачи

1. Полоску меди весом 64 грамма нагревают на воздухе, пока она вся не превратится в чёрную окись меди, которая весит 80 граммов. Сколько кислорода воздуха поглотила медь?

Подсказка: Входят медь и кислород, выходит только окись меди.

Ответ: 16 граммов. Окись весит 80 граммов, меди было 64 грамма, значит, к ней присоединилось 80 минус 64 грамма кислорода.

2. Студент нагревает немного зелёной углекислой меди в открытой чашке и взвешивает только чашку до и после. Веса не сходятся, и он заключает, что вещество уничтожилось. Что он упустил и как это проверить?

Подсказка: Подумайте, что вышло из соли такого, чего глаз не видит.

Ответ: Он упустил бесцветный углекислый газ, который ушёл.

Нагревание в закрытом пробкой сосуде с трубкой в воду покажет газ пузырьками, а взвешивание собранного газа уравнивает обе стороны баланса.

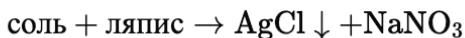
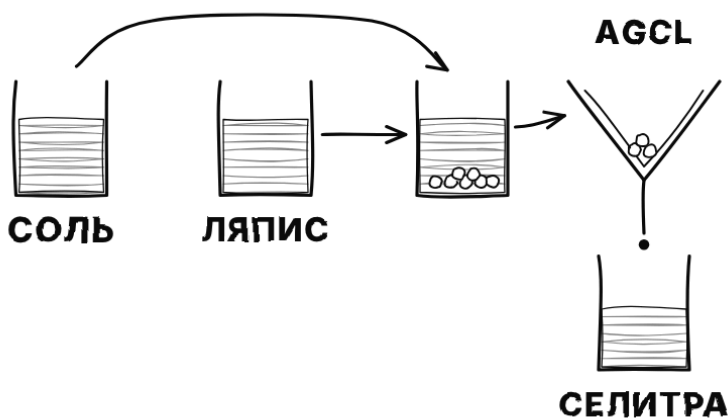
3. Железо нагревают в сосуде, наполненном азотом вместо воздуха, и оно не прибавляет в весе и не образует окалины. Что это говорит о том, откуда берётся лишний вес окалины?

Подсказка: Сравните с тем, что происходит в обычном воздухе.

Ответ: Лишний вес должен приходиться из кислорода воздуха: в газе без кислорода, например в азоте, железо не ржавеет и не образует окислы, так что без кислорода ничего не прибавляется.

Белый порошок и философский камень

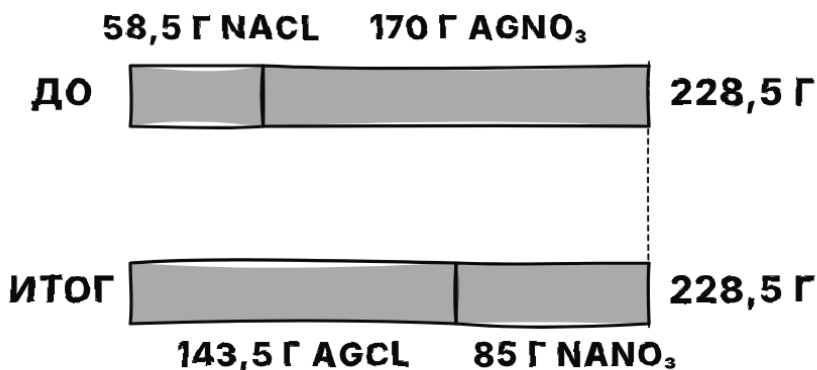
Возьмите два стакана воды, совершенно одинаковых на вид, оба совсем прозрачные. В одном растворена поваренная соль, в другом — ляпис, соль серебра, которой врачи когда-то прижигали раны. Перелейте один стакан в другой. Жидкость сразу становится молочной, и на дно начинает оседать тяжёлый белый порошок. Две прозрачные жидкости дали твёрдое вещество, и эту маленькую сцену Менделеев берёт для своего четвёртого примера баланса.



Две прозрачные жидкости, один белый порошок

Белый порошок можно отделить фильтрованием. Возьмите круглый лист непроклеенной бумаги, сложите его пополам и ещё раз пополам, раскройте конусом и вставьте конус в стеклянную воронку. Налейте мутную жидкость: прозрачный раствор проходит сквозь бумагу, а порошок остаётся на ней. Высушенный порошок оказывается совсем новым веществом, хлористым серебром, и первый признак этого — он не растворяется в воде, тогда как обе исходные соли растворялись. Теперь выпарите досуха прозрачную жидкость, прошедшую сквозь фильтр. Она оставляет ещё одну новую соль, растворимую в воде, как и первые две, но отличную от обеих: натровую селитру. Кофейный фильтр на вашей кухне работает так же: пропускает жидкость и задерживает гущу.

Итак, вошли два растворимых вещества, а путём замещения вышли два новых: одно оседает, другое остаётся в растворе. Сама вода в реакции не участвовала; она лишь сделала обе соли жидкими и подвижными, чтобы их частицы могли встретиться. А теперь взвешивание. Менделеев приводит числа: около пятидесяти восьми с половиной граммов соли со ста семьюдесятью граммами ляписа. Вместе это двести двадцать восемь с половиной граммов на входе. Выходит сто сорок три с половиной грамма хлористого серебра и восемьдесят пять граммов натровой селитры. Сто сорок три с половиной плюс восемьдесят пять — снова двести двадцать восемь с половиной граммов. Обе стороны баланса сходятся до полуграмма, как того требует закон сохранения вещества.

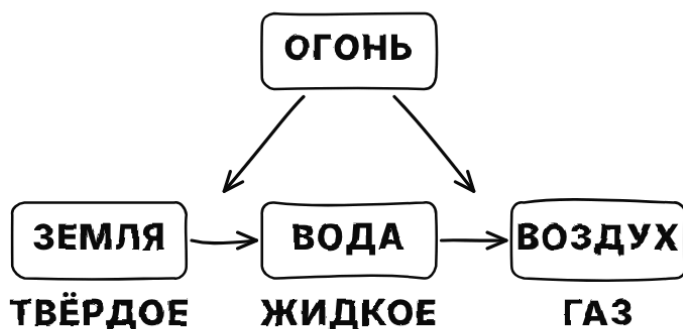


228,5 г на входе, 228,5 г на выходе

Опыт

Растворите ложку английской соли в одном стакане тёплой воды, а ложку стиральной соды в другом, и слейте их вместе. Прозрачные жидкости сразу мутнеют добела, потому что образуется новое вещество, которое не растворяется. Пропустите смесь через кофейный фильтр, и белое твёрдое вещество останется на бумаге, а прозрачная жидкость протечёт. Это менделеевский опыт с солью и серебром, только с тем, что стоит на полке супермаркета.

Как только знаешь, что количество вещества никогда не меняется, сразу встаёт второй вопрос, и Менделеев называет его вторым существеннейшим вопросом химии. Есть ли предел тому, как вещества могут превращаться друг в друга? Можно ли в принципе превратить любое вещество в равное количество любого другого? Или круг возможных превращений замкнут? Это вопрос о качестве вещества, а не о его количестве, и он гораздо труднее.



Четыре старые стихии

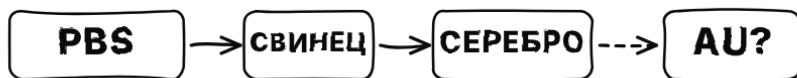
Обыденный опыт указывает в обе стороны. С одной стороны, растения строят все свои разнообразные вещества из воздуха и почвы, а из железа можно сделать чернила и густо-синюю краску, берлинскую лазурь, так что превращениям будто нет

конца. С другой стороны, повседневный опыт говорит, что из камня не сделаешь еды, а из меди — золота. Решить это могло только тщательное изучение, и на протяжении веков люди отвечали по-разному.

Древнейший распространённый ответ был таков: всё видимое состоит из четырёх стихий — воздуха, воды, земли и огня. Эта мысль пришла к грекам из Азии, и полнее всех её изложил Эмпедокл, живший примерно за четырёста шестьдесят лет до Рождества Христова. Она не была выведена из точных исследований. Похоже, она опирается на различие газов, как воздух, жидкостей, как вода, и твёрдых тел, как земля, и на наблюдение, что огонь, то есть теплота, их изменяет.

Арабские учёные первыми вынесли этот вопрос на опыт и через Испанию принесли в Европу любовь к таким исследованиям. С тех пор у этой науки, считавшейся тайной и называвшейся алхимией, было много последователей. У алхимиков не было твёрдого закона, от которого можно было бы оттолкнуться, и их великая заслуга в том, что они проделали огромное число опытов и открыли много новых превращений. Их собственный ответ на вопрос был, что превращениям нет предела: они искали философский камень, который превратил бы что угодно в золото и алмазы и даже вернул бы старому телу молодость.

АЛХИМ.



Серебро там уже было

Менделеев настаивает, что это была не чистая фантазия; первые опыты честно могли привести к ней. Алхимики брали блестящий металлический камень, свинцовый блеск, и получали из него свинец; из бесполезного камня — мягкий и полезный металл. Затем из этого свинца они получали серебро, ещё более драгоценное. Естественно было думать, что цепочка таких шагов облагородит металлы ещё больше, и, получив серебро из свинца, они загорелись получить и золото.

Им не хватало весов. Если бы они взвешивали, то нашли бы, что свинец весит гораздо меньше свинцового блеска, из которого получен, а серебра — крошечное количество по сравнению с израсходованным свинцом. Если бы они внимательно изучили

процесс, то увидели бы, что свинец вовсе не превращается в серебро. Природный свинец просто содержит немного серебра, и когда это серебро извлечено, никакая дальнейшая обработка больше не даст. И поныне, замечает Менделеев, большая часть серебра в мире добывается именно так из природных свинцовых руд. Это как найти несколько монет в старом кресле: кресло их не создало, и если потряхнуть его снова, ничего не выпадет.

Алхимики не могли добиться полного успеха, потому что не задавали простых, ясных вопросов, ответы на которые позволили бы им двигаться дальше. Поэтому они не нашли вообще никакого точного закона. Но они оставили химии богатое наследство новых опытных фактов.

Запомним

Смешивание растворов поваренной соли и ляписа даёт путём замещения два новых вещества: нерастворимое хлористое серебро, задержанное фильтром, и растворимую натровую селитру. Веса сходятся точно: входят пятьдесят восемь с половиной плюс сто семьдесят граммов, выходят сто сорок три с половиной плюс восемьдесят пять граммов, по двести двадцать восемь с половиной с каждой стороны. После вопроса о количестве идёт более трудный вопрос о качестве: есть ли предел тому, во что можно превратить вещество? Алхимики верили, что предела нет, и охотились за философским камнем, заблуждаясь потому, что почти никогда не взвешивали. Серебро, которое они извлекали из свинца, всё время было в свинце; закона они не нашли, но оставили химии богатство опытов.

Вопросы

1. Как после смешивания растворов соли и ляписа узнать, что белый порошок на фильтре — новое вещество?
 - a. Он тяжелее обеих солей вместе.
 - b. Он не растворяется в воде, а обе исходные соли растворялись.
 - c. Он белый, а ляпис — нет.
 - d. Он образуется только при выпаривании воды.
2. Какую роль играет вода в реакции соли с ляписом?
 - a. Она лишь делает соли жидкими и подвижными, чтобы их частицы могли встретиться.
 - b. Она соединяется с солью и даёт хлористое серебро.
 - c. Она расходуется и превращается в натровую селитру.
 - d. Она прибавляет свой вес к белому порошку.
3. Почему первые опыты могли честно убедить кого-то, что свинец может стать серебром?
 - a. Потому что у серебра и свинца одинаковый цвет.
 - b. Потому что свинец, оставленный на воздухе, медленно превращается в серебро.
 - c. Потому что из свинца можно было извлечь серебро, а без взвешивания это выглядело как превращение.
 - d. Потому что свинцовый блеск состоит из серебра и золота.

4. Что показало бы алхимикам взвешивание их свинца и серебра?
- а. Что серебро весило больше израсходованного свинца.
 - б. Что свинец и серебро всегда весят одинаково.
 - с. Что свинец тяжелеет, отдавая серебро.
 - д. Что серебра было крошечное количество по сравнению со свинцом и что после его извлечения больше получить нельзя.

Ответы

1. **б)** Обе исходные соли растворяются в воде; порошок — нет, значит, это совсем другое вещество, хлористое серебро.
2. **а)** Вода в реакции не участвовала; она лишь перевела две соли в жидкое, подвижное состояние, где они могли прореагировать.
3. **с)** Алхимики видели, как из свинца выходит серебро, а так как почти не взвешивали, не могли увидеть, что это лишь малое количество, уже содержавшееся в свинце.
4. **д)** Серебро было крошечной частью свинца и уже в нём содержалось; после извлечения никакая обработка больше не даёт, значит, свинец не превращается в серебро.

Разобранные примеры

Проверяем баланс Менделеева Около $58\frac{1}{2}$ грамма поваренной соли и 170 граммов ляписа реагируют и дают $143\frac{1}{2}$ грамма хлористого серебра и 85 граммов натровой селитры. Подчиняются ли веса закону сохранения вещества?

Сложите веса на входе: $58\frac{1}{2}$ плюс 170 — это $228\frac{1}{2}$ грамма.

Сложите веса на выходе: $143\frac{1}{2}$ плюс 85 — это $228\frac{1}{2}$ грамма.

Воду не учитывайте ни с одной стороны, потому что она лишь помогла солям встретиться и не расходовалась.

Обе стороны равны, как и требует закон сохранения вещества.

Ответ: Да: по $228\frac{1}{2}$ грамма с каждой стороны.

Задачи

1. Студент смешивает в воде $58\frac{1}{2}$ грамма поваренной соли со 170 граммами ляписа и отфильтровывает $143\frac{1}{2}$ грамма сухого хлористого серебра. Сколько натровой селитры он должен получить, выпарив отфильтрованную жидкость досуха?

Подсказка: То, что вошло, должно весить столько же, сколько то, что вышло.

Ответ: 85 граммов. $58\frac{1}{2}$ плюс 170 даёт $228\frac{1}{2}$ грамма на входе, а $228\frac{1}{2}$ минус $143\frac{1}{2}$ грамма хлористого серебра оставляет 85 граммов на селитру.

2. Объясните разницу между вопросом о количестве и вопросом о качестве в химии.

Подсказка: Один — о том, сколько вещества, другой — о том, чем оно может стать.

Ответ: Вопрос о количестве спрашивает, меняется ли количество вещества в реакции, и весы отвечают: нет. Вопрос о качестве спрашивает, есть ли предел тому, во что можно превратить вещество; он труднее, потому что повседневный опыт указывает в обе стороны.

3. Почему, по Менделееву, алхимики так и не добились полного успеха, хотя сделали много открытий?

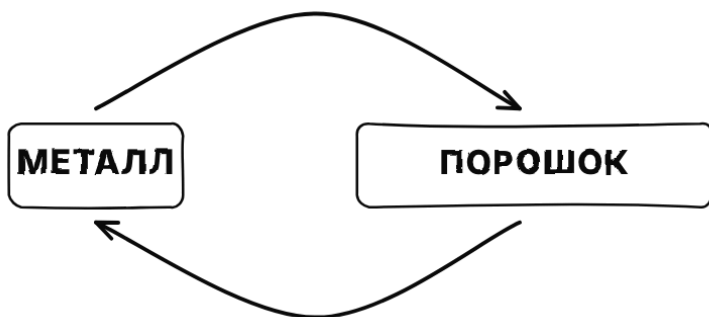
Подсказка: Подумайте о том, какие вопросы они задавали, и о взвешивании.

Ответ: У них не было твёрдого закона, от которого можно оттолкнуться, они редко взвешивали и не задавали простых, ясных вопросов, ответы на которые позволили бы двигаться дальше. Поэтому они не нашли точного закона, хотя оставили химии богатство опытных фактов.

Двенадцать дней под стеклянным колоколом

Нагрейте полоску свинца или олова в открытом пламени, и её блестящая поверхность тускнеет и рассыпается в серый или жёлтый порошок. Теперь нагрейте этот порошок с углём, и снова появляются капли блестящего металла. Алхимики проделывали это тысячу раз, и так же поступал всякий плавильщик руды. Менделеев говорит, что, поскольку алхимики изучали прежде всего металлы, химия долгое время была в основном химией металлов. Два превращения, которые мы только что видели, должны были привести к её важнейшим законам.

**НАГРЕВ В ВОЗДУХЕ
ОКИСЛЕНИЕ**



**ВОССТАНОВЛЕНИЕ
УГОЛЬ**

ШТАЛЬ: МЕТАЛЛ = ПОРОШОК + ФЛОГИСТОН

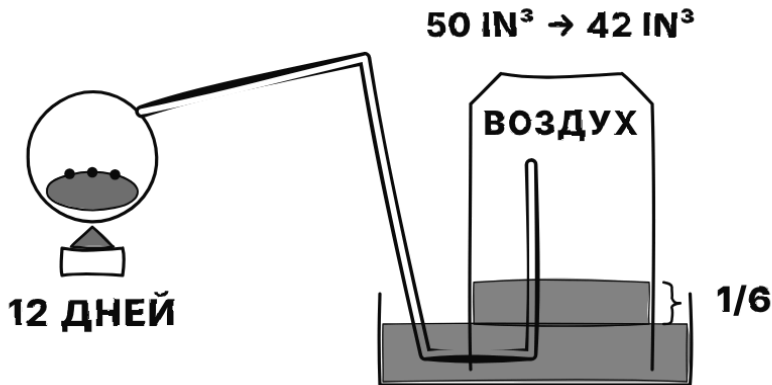
Окисление и восстановление

Первое превращение, когда металл ржавеет или вообще переходит из блестящего состояния в землистый порошок, называется окислением. Обратное, получение металла из землистого порошка, называется восстановлением. Железо, свинец и олово окисляются, просто нагреваясь на воздухе, и снова восстанавливаются при нагревании с углём. Многие руды в земле — именно такие окисленные металлы, и олово, железо и медь добывают из них, как из ржавчины или окалины, нагревая с углём. Современная доменная печь всё ещё делает это в гигантском масштабе: железная руда и кокс идут сверху, а расплавленное железо вытекает снизу.

Первую теорию, объяснявшую оба превращения, дали Бехер и прежде всего Шталь, лейб-медик прусского короля, в своей книге тысяча семьсот двадцать третьего года. Всякое тело, говорил Шталь, состоит из невесомой огненной материи, называемой флогистоном, вместе с каким-то другим элементом, свойственным этому телу. Чем легче тело горит или ржавеет, тем больше в нём флогистона, а в угле его очень много. Когда тело ржавеет или горит, флогистон его покидает; когда оно восстанавливается, флогистон возвращается. Уголь восстанавливает руду потому, что богат флогистоном и отдаёт часть его руде. Итак, для Шталя металл был сложным телом, землистый порошок плюс флогистон, и теория была так проста, что нашла множество последователей.

Лавуазье с помощью весов показал, что всякое ржавление, окисление и горение делает тело тяжелее, за счёт воздуха. Он принял естественный взгляд, что более тяжёлое тело и есть более сложное. Чтобы решить спор двух взглядов, он поставил в тысяча семьсот семьдесят четвёртом году знаменитый опыт.

ВОЗДУХ - = РТУТЬ +



50 кубических дюймов становятся 42

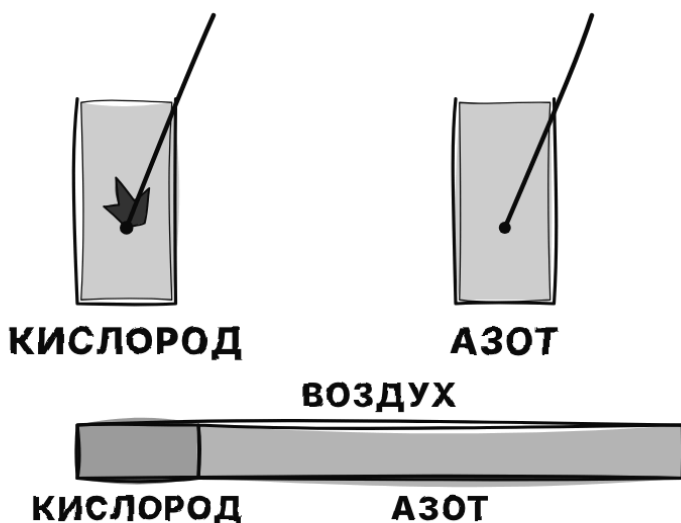
Он налил четыре унции чистой ртути в стеклянную реторту, длинное горло которой изгибалось вниз, а потом вверх и кончалось внутри чашки, тоже наполненной ртутью. Над концом горла стоял стеклянный колокол, так что определённое количество воздуха было отрезано от комнаты, частью в реторте, частью под колоколом. Перед началом он измерил ртуть и очень тщательно объём запертого воздуха. Для этого ему нужно было знать всю вместимость реторты, объём налитой ртути, объём колокола до уровня воздуха, а также температуру и давление в момент измерения. Зачем такая забота о воздухе? Потому что две теории давали противоположные предсказания. Если прав Шталь, флогистон уйдёт из ртути в воздух, и воздуха не должно

стать меньше. Если прав Лавуазье, ртуть поглотит часть воздуха, и воздуха должно стать меньше.

Двенадцать дней Лавуазье держал реторту горячей, близко к точке кипения ртути. Поверхность покрылась множеством красных чешуек: ртуть окислялась в красную окись ртути, которую мы видели раньше. Через двенадцать дней он дал всему остыть и снова измерил воздух. Из пятидесяти кубических дюймов воздуха осталось только сорок два. Вот этот результат вслух: пятьдесят минус сорок два — это восемь кубических дюймов убыли, а восемь из пятидесяти — это шестнадцать из ста, примерно шестая часть воздуха. Воздуха стало меньше, и это опровергло взгляд немецкого химика. Более того, вес воздуха уменьшился ровно настолько, насколько увеличился вес ртути. Значит, эта часть воздуха не уничтожилась; она соединилась с ртутью.

Опыт

Намочите комок стальной ваты, затолкайте его на дно высокого узкого стакана и поставьте стакан вверх дном в блюдце с водой. Отметьте уровень воды внутри стакана и посмотрите снова через несколько дней. Стальная вата заржавела, а вода поднялась внутри стакана примерно на пятую часть воздушного пространства и остановилась. Это колокол Лавуазье на кухне: ржавеющее железо забрало кислород из запертого воздуха, а остальной воздух его дальше не ржавит.



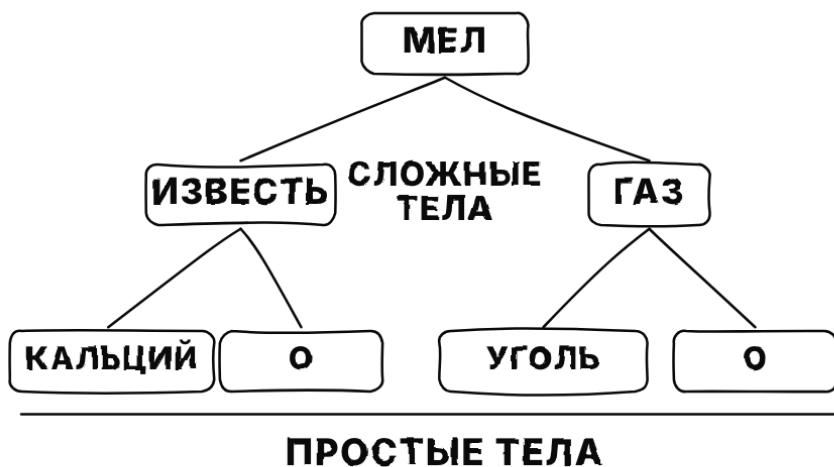
Воздух — это два газа

Часть воздуха, соединившуюся с ртутью, можно, как мы видели, снова выгнать из красной окиси, и она не похожа на воздух: это кислород. Часть, оставшаяся под колоколом, вовсе не окисляла металлов и не могла поддерживать ни горения, ни дыхания. Горящая лучинка, писал Лавуазье в отчёте, «гаснет в нём, как будто её погрузили в воду». Этот газ называется азотом. Итак, воздух — не простое тело, а состоит из двух газов, кислорода и азота, и старый взгляд, что воздух есть стихия, неверен. Смешайте кислород с азотом снова, и получится тот же воздух, что и прежде.

Теперь вся история встаёт с головы на ноги. При горении и окислении металлов поглощается кислород воздуха. Землистые

порошки, получающиеся при окислении металлов, — тела, состоящие из металла и кислорода. А прямой опыт показал, что когда уголь восстанавливает окись, кислород окиси переходит к углю и даёт тот же газ, что даёт уголь, сгорая на воздухе. Значит, этот газ тоже соединение, угля с кислородом, так же как окислы — соединения металлов с кислородом.

ОКИСЕЛ = МЕТАЛЛ + КИСЛОРОД



Разбираем сложные тела

Множество примеров соединения и разложения показывают, что большинство окружающих нас тел — соединения, составленные из нескольких других. Нагрейте мел, как мы нагревали зелёную медную соль, и получите известь и тот же газ, что даёт горящий уголь. Сведите известь с этим газом и немного водой при обычной температуре, и снова получится похожее на мел

вещество, значит, мел — соединение. Но и его части — соединения: газ — это уголь плюс кислород, а известь происходит от окисления особого металла, называемого кальцием. Разбирая так вещества, в конце концов приходят к веществам, которые никакими средствами не разложить на другие и которые ни из чего нельзя сделать. Они могут лишь соединяться друг с другом или действовать на другие тела, и их называют простыми телами. Итак, все однородные вещества делятся на два рода, простые и сложные, и это деление наука хранит со времён Лавуазье.

Простых тел очень мало по сравнению с сложными, которые они образуют. Во времена Менделеева достоверно было известно около семидесяти пяти; некоторые редки или встречаются лишь в малых количествах. Простых тел, чьи соединения мы встречаем в повседневной жизни, не больше двадцати пяти. На кухне сотни разных вещей, но большая часть из них построена всего из горстки простых тел, таких как углерод, водород, кислород, натрий и хлор.

Запомним

Окисление превращает блестящий металл в землистый порошок; восстановление нагреванием с углём возвращает металл, а руды — такие окисленные металлы. Шталь объяснял оба превращения воображаемым невесомым флогистоном, который уходит из металла или входит в него. Лавуазье двенадцать дней нагревал ртуть под колоколом с воздухом: пятьдесят кубических дюймов сократились до сорока двух, и воздух потерял ровно тот вес, что прибавила ртуть. Воздух — это кислород, который соединяется с металлами и поддерживает огонь и дыхание, в смеси с азотом, который не делает ни того, ни другого; окислы — это металл плюс кислород. Разбирая сложные тела, мы доходим до простых, которые нельзя ни разложить, ни сделать; их около семидесяти пяти, и из них около двадцати пяти встречаются нам каждый день.

Вопросы

1. Почему Лавуазье так тщательно измерял запертый воздух до и после нагревания ртути?
 - а. Потому что две теории предсказывали для воздуха противоположное: у Штalia он не меняется, у Лавуазье — уменьшается.
 - б. Потому что пары ртути ядовиты и их нужно было держать под контролем.

- c. Потому что он хотел знать, насколько нагрелась реторта.
 - d. Потому что воздух был нужен, чтобы ртуть не закипела.
2. Почему, по Шталю, нагревание руды с углём возвращает металл?
- a. Потому что уголь отнимает у руды кислород.
 - b. Потому что один лишь жар выгоняет из руды землистость.
 - c. Потому что уголь богат флогистоном и отдаёт часть его руде.
 - d. Потому что уголь плавится и смешивается с рудой.
3. Что газ, оставшийся под колоколом Лавуазье, показал о воздухе?
- a. Что воздух всё-таки одно простое тело.
 - b. Что воздух — смесь двух газов: один соединяется с металлами, другой не поддерживает ни горения, ни дыхания.
 - c. Что воздух превращается в ртуть, если его долго нагревать.
 - d. Что в воздухе есть флогистон, вышедший из ртути.
4. Откуда мы знаем, что мел — сложное тело, а не простое?
- a. Потому что он белый и мягкий.
 - b. Потому что он целиком растворяется в воде.
 - c. Потому что он встречается в земле повсюду.
 - d. Потому что при нагревании он распадается на известь и газ, а из них снова можно получить похожее на мел вещество.

Ответы

1. **a)** Если бы флогистон уходил из ртути, воздуха не стало бы меньше; если бы ртуть поглощала часть воздуха, его стало бы меньше. Решить могло только тщательное измерение воздуха.
2. **с)** Для Штала металл был землистым порошком плюс флогистон, поэтому уголь, полный флогистона, восстанавливал металл, передавая ему флогистон.
3. **b)** Часть, соединившаяся с ртутью, была кислородом; оставшаяся часть, азот, гасила пламя. Значит, воздух — это кислород и азот, а не стихия.
4. **d)** Простое тело нельзя ни разложить, ни сделать; мел можно разложить на известь и газ и снова получить из них, значит, он сложное тело.

Разобранные примеры

Какая часть воздуха соединилась с ртутью В опыте Лавуазье с ртутью было заперто 50 кубических дюймов воздуха, а после двенадцати дней нагревания осталось только 42 кубических дюйма. Какую долю воздуха поглотила ртуть?

Потерянный воздух — это разность до и после: 50 минус 42 — это 8 кубических дюймов.

Чтобы найти долю, сравните убыль с целым: 8 из 50.

8 из 50 — то же, что 16 из 100, то есть шестнадцать процентов.

Это примерно шестая часть запертого воздуха, та часть, что соединилась с ртутью как кислород.

Ответ: 8 кубических дюймов, примерно шестая часть (16 процентов) воздуха.

Задачи

1. В опыте Лавуазье воздух под колоколом потерял в весе, а ртуть прибавила. Если ртуть прибавила 1,2 грамма, сколько веса потерял воздух?

Подсказка: Ничто не создаётся и не теряется: откуда взялся лишний вес ртути?

Ответ: 1,2 грамма. Исчезнувшая часть воздуха соединилась с ртутью, поэтому воздух потерял ровно столько, сколько прибавила ртуть.

2. Объясните, почему уменьшение воздуха опровергло теорию Штала.

Подсказка: Что, по Шталю, уходит из металла при окислении и куда оно должно деваться?

Ответ: Шталь считал, что при окислении флогистон уходит из металла в воздух, поэтому воздуха не должно было стать меньше. Воздуха стало меньше, на столько же по весу, сколько прибавила ртуть, значит, что-то перешло из воздуха в металл, а не наоборот.

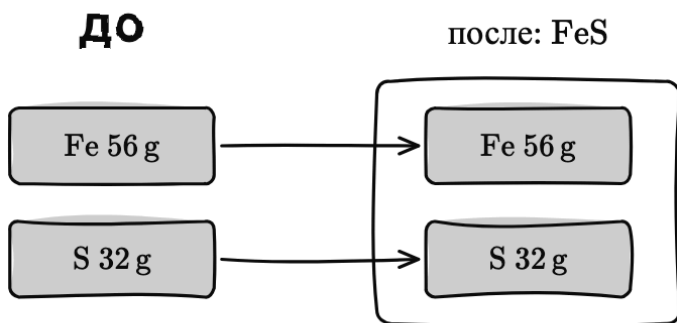
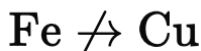
3. Когда железную руду восстанавливают углём, выделяется газ. Из чего состоит этот газ и что это говорит о руде?

Подсказка: Куда девается кислород руды?

Ответ: Кислород руды переходит к углю и образует тот же газ, что даёт горящий уголь, соединение угля с кислородом. Значит, руда была железом, соединённым с кислородом, а восстановление отнимает кислород.

Каждый элемент ведёт свой счёт

Попробуйте превратить кусок железа в кусок меди. Можно его расплавить, растворить в кислоте, заставить заржаветь, снова восстановить углём, провести через сотню соединений. В конце, каким бы хитрым ни был путь, вы получите обратно железо, и ровно столько железа, сколько было вначале. Следующий шаг Менделеева — сказать, почему это так и что это значит для всякого химического превращения.



$$\text{Fe} : 56 = 56$$

$$\text{S} : 32 = 32$$

Каждое простое тело сходится

Простые тела, говорит он, не способны превращаться друг в друга; по крайней мере, ни одного случая такого превращения ещё не замечено. Поэтому ныне невозможно превратить один металл в другой. Несмотря на массу усилий, не найдено ни одного факта, который указывал бы, что твёрдо установленные простые тела, как кислород, железо или сера, сами суть соединения. Значит, по самому своему понятию простые тела не могут быть разложены.

Теперь поставьте это рядом с законом сохранения вещества. Если ни одно простое тело нельзя ни создать, ни уничтожить, ни превратить в другое, то количество каждого простого тела остаётся постоянным при всех химических превращениях. Это придаёт балансу новый и гораздо более важный смысл. С обеих сторон должен сходиться не только общий вес; вес каждого простого тела должен сходиться сам по себе. Если мы знаем, сколько каждого простого тела в исходных веществах, то все возникающие новые соединения могут содержать только то же самое количество каждого. Итак, говорит Менделеев, сущность химического превращения сводится к изучению того, с чем и как соединено каждое простое тело до превращения и после него. Это как банк, ведущий отдельные счета в рублях, евро и долларах: деньги могут весь день переходить от клиента к клиенту, но при закрытии каждая валюта должна сойтись сама по себе.

Чтобы записывать такие балансы кратко, химики договорились о знаках. Каждое простое тело обозначают одной или двумя первыми буквами его латинского названия. Кислород, оксигениум, обозначают заглавной O; азот, нитрогениум, — заглавной N; ртуть, гидраргирум, — буквами Hg; железо, феррум, — буквами Fe. Сложное тело пишут, ставя рядом буквы простых

тел, из которых оно состоит, так что красную окись ртути пишут буквами ртути, за которыми следует буква О. Сверх того, каждая буква обозначает определённый относительный вес своего простого тела, называемый его паем, или атомным весом. Поэтому формула говорит не только, какие простые тела есть в соединении, но и сколько каждого. Всякий химический процесс можно записать уравнением из таких формул, и вес каждого простого тела должен быть одинаков с обеих сторон, потому что ни одно не создаётся и ни одно не теряется.

O OXYGENIUM

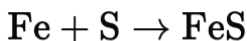
N NITROGENIUM

Hg HYDRARGYRUM

Fe FERRUM

HgO

КРАСНАЯ ОКИСЬ



Буквы из латинских названий

Затем Менделеев показывает, как формула даёт состав в процентах. Представьте соединение двух простых тел. Формула говорит, сколько паёв первого оно содержит и сколько паёв

второго. Умножьте число паёв первого на вес одного пая, и получите вес первого в соединении; то же сделайте для второго. Процент первого — это тогда его вес, делённый на общий вес обоих и умноженный на сто; так же и для второго. Словами: доля каждой части в целом, отсчитанная из ста.

$$\%_1 = \frac{n_1 a_1}{n_1 a_1 + n_2 a_2} \times 100$$

$$\text{Na} = 23$$

$$\text{Cl} = 35.5$$

$$\text{NaCl} = 58.5$$

$$\frac{23}{58.5} = 39.3\%$$

$$\frac{35.5}{58.5} = 60.7\%$$

В 100 Г СОЛИ

Na 39 g	Cl 61 g
---------	---------

Проценты из формулы

Теперь расчёт вслух, на собственном примере Менделеева, поваренной соли. Её формула говорит: один пай натрия и один пай хлора. Пай натрия весит двадцать три, а пай хлора — тридцать пять с половиной. Вместе это пятьдесят восемь с половиной. Часть натрия — двадцать три из пятидесяти восьми с половиной, что даёт тридцать девять и три десятых процента. Часть хлора — тридцать пять с половиной из пятидесяти восьми с

половиной, шестьдесят и семь десятых процента. Вместе они дают сто, как и должно быть. Так что если дан реальный вес соединения, формула говорит реальные веса простых тел в нём: в ста граммах соли около тридцати девяти граммов натрия и шестидесяти одного грамма хлора. Поэтому в килограммовой пачке кухонной соли почти четыреста граммов натрия, мягкого металла, который шипел бы на воде, если бы его удалось извлечь.

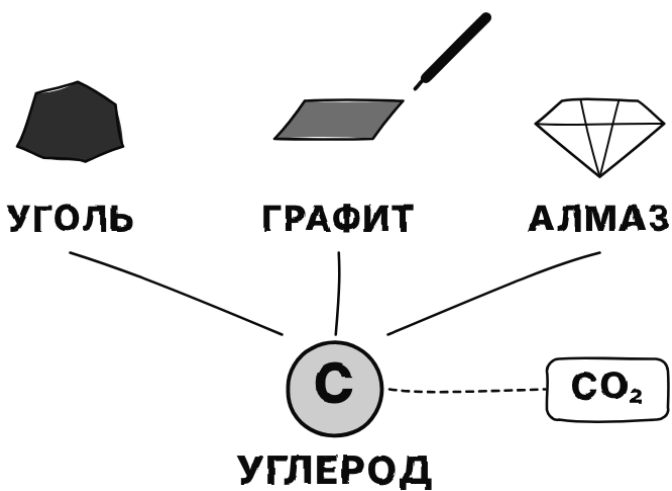
Это явно ограничивает возможности химического превращения. Из тел данного качества можно получить не всякое возможное тело, а только такие, что содержат те же самые простые тела. И всё же даже при этом первом ограничении число соединений, которые могли бы образоваться, бесконечно велико, а изучена и описана лишь сравнительно небольшая их часть. Всякий начинающий работать может легко открыть новое соединение, а многие новые наука предвидит прежде, чем их получают. Наука, говорит Менделеев, состоит в постижении однообразия, скрытого в этом множестве, и её цель — понять законы, управляющие образованием соединений и их свойствами.

Здесь Менделеев проводит тщательное различие. Когда мы говорим, что красная окись ртути содержит кислород, мы не имеем в виду, что кислород в виде газа сидит внутри порошка. Мы имеем в виду лишь то, что окись может сделать: что из неё можно получить ртуть и кислород и что она может передать их другим телам. Короче, состав сложного тела есть выражение превращений, на которые оно способно. Поэтому красная окись содержит не два простых тела, металл и газ, а два элемента, ртуть и кислород, которые в отдельности дают металл и газ кислород. Она содержит лишь вещество этих простых тел, говорит

Менделеев, как пар содержит вещество льда, но не сам лёд, или как хлеб содержит вещество зерна, но не зерно. Ваш сахар содержит элемент углерод, но среди кристаллов не спрятано никакого угля.

Элемент можно узнать, даже не зная его простого тела, по одним лишь его соединениям. Долгое время фтор не был получен в свободном виде, и всё же его приходилось считать элементом, потому что были известны его соединения с другими простыми телами, и они отличались от всех других подобных соединений.

Ещё два факта делают разницу между элементом и простым телом ещё яснее. Во-первых, сложные тела сами могут соединяться в ещё более сложные, а затем извлекаться из них теми же способами, какими освобождают простые тела; так что извлечение само по себе не делает вещество простым. Во-вторых, многие простые тела существуют в нескольких видах, тогда как элемент есть нечто неизменное. Углерод является в виде угля, графита и алмаза, которые суть разные тела, и каждое из них — простое тело, но элемент один. Тот же углерод есть в углекислом газе, и всё же в этом газе нет ни угля, ни графита, ни алмаза. Серый стержень карандаша и камень в кольце с бриллиантом — два очень разных простых тела одного элемента.



Три тела, один углерод

Запомним

Никогда не видели, чтобы одно простое тело превращалось в другое, поэтому один металл нельзя сделать из другого. Вместе с сохранением вещества это значит, что количество каждого простого тела остаётся одним и тем же при всяком химическом превращении. Формулы записывают соединения латинскими буквами, каждая из которых обозначает определённый пай по весу, так что они показывают и что содержит соединение, и в каком проценте: поваренная соль — это около тридцати девяти процентов натрия и шестидесяти одного процента хлора. Состав сложного тела выражает, каким превращениям оно может подвергнуться; красная окись ртути содержит элементы ртуть и кислород, а не металл и газ. Простое тело может принимать несколько видов, как углерод в угле, графите и алмазе, а элемент под ними остаётся одним и неизменным.

Вопросы

1. Почему количество каждого простого тела остаётся одним и тем же при всяком химическом превращении?
 - а. Потому что простые тела слишком тяжелы, чтобы участвовать в реакциях.
 - б. Потому что простое тело нельзя ни создать, ни уничтожить, ни превратить в другое, а вещество сохраняется.

- c. Потому что химики всегда добавляют обратно то, что потеряно.
 - d. Потому что соединения всегда содержат равные количества каждого простого тела.
- 2. Что говорит химическая формула такого, чего не говорит простой перечень простых тел?
 - a. Сколько каждого простого тела в соединении, потому что каждый знак обозначает определённый вес.
 - b. Цвет и запах соединения.
 - c. До какой температуры нужно нагреть соединение, чтобы оно разложилось.
 - d. Какие соединения никогда нельзя получить в лаборатории.
- 3. Что из перечисленного химик мог бы получить из одних только железа и серы?
 - a. Сернистую медь, потому что медь близка к железу.
 - b. Соединение серы с кислородом, используя одну серу.
 - c. Только соединения из железа и серы и ничего, что содержит какое-либо другое простое тело.
 - d. Золото, если провести реакцию достаточно искусно.
- 4. Уголь, графит и алмаз — разные тела. Как Менделеев описывает их отношение?
 - a. Это три разных элемента со схожими названиями.
 - b. Только алмаз — простое тело; уголь и графит — соединения.

- с. Это соединения углерода с разным количеством кислорода.
- д. Это разные простые тела одного и того же неизменного элемента, углерода.

Ответы

1. **б)** Если соединить сохранение вещества с тем, что ни одно простое тело нельзя ни создать, ни разложить, ни превратить в другое, каждое из них должно выйти ровно в том количестве, в каком вошло.
2. **а)** Каждый знак обозначает определённый относительный вес, пай, поэтому формула показывает и что содержит соединение, и в каких количествах.
3. **с)** Из тел данного качества можно получить только тела, содержащие те же самые простые тела; ни меди, ни кислорода, ни золота среди них нет.
4. **д)** Многие простые тела существуют в нескольких видах, а элемент остаётся одним: уголь, графит и алмаз — три тела, но элемент — углерод.

Разобранные примеры

Поваренная соль в процентах В поваренной соли один пай натрия и один пай хлора; пай натрия весит 23, а пай хлора — 35,5. Сколько процентов соли составляет натрий и сколько хлор?

Вес натрия в одной формуле соли — один пай, умноженный на 23, то есть 23; хлора — 35,5.

Всё соединение тогда весит 23 плюс 35,5, то есть 58,5.

Процент натрия — 23, делённое на 58,5 и умноженное на 100, это 39,3.

Процент хлора — 35,5, делённое на 58,5 и умноженное на 100, это 60,7; вместе они дают 100.

Ответ: 39,3 процента натрия и 60,7 процента хлора

Задачи

1. Сколько граммов натрия содержится в 200 граммах соли, если пользоваться менделеевскими цифрами для поваренной соли?

Подсказка: Соль на 39,3 процента состоит из натрия; возьмите эту долю от 200.

Ответ: Около 78,6 грамма. 39,3 процента от 200 граммов — это 0,393, умноженное на 200, то есть 78,6 грамма; остальные 121,4 грамма — хлор.

2. Воображаемое соединение содержит два пая простого тела А и один пай простого тела В. Пай А весит 10, пай В — 30. Сколько процентов соединения составляет А?

Подсказка: Сначала найдите вес А в соединении: число паёв, умноженное на вес одного пая.

Ответ: 40 процентов. А даёт 2 раза по 10, то есть 20; В даёт 30; целое — 50. Процент А — 20, делённое на 50 и умноженное на 100, то есть 40.

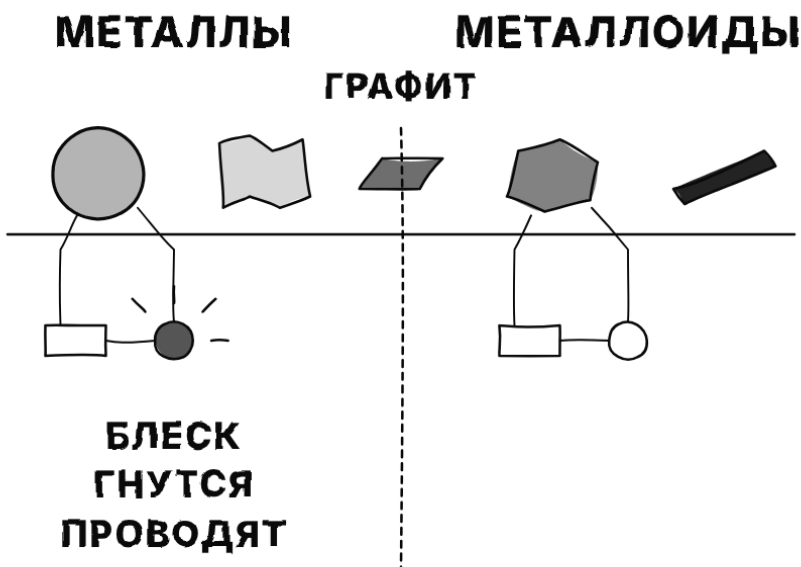
3. Объясните, почему фтор считали элементом ещё до того, как кто-либо получил его в свободном виде.

Подсказка: Подумайте, что химики уже знали о его соединениях.

Ответ: Элемент можно узнать по одним лишь его соединениям. Соединения фтора с другими простыми телами были известны и отличались от всех других подобных соединений, значит, в них должен был содержаться особый, неизменный элемент.

Семьдесят семь кирпичиков и сила, которая их связывает

Положите на стол четыре вещи: медную монету, жёлтый кусок серы, палочку угля и полоску алюминиевой фольги. Поднесите каждую к свету, попробуйте согнуть, коснитесь губами и включите между батареей и маленькой лампочкой. Монета и фольга блестят, гнутся не ломаясь, кажутся холодными и зажигают лампочку. Сера тусклая, крошится, кажется тёплой, и лампочка не горит. Эта простая проверка — первое разделение простых тел, которое предлагает Менделеев, и он сразу предупреждает не слишком ей доверять.

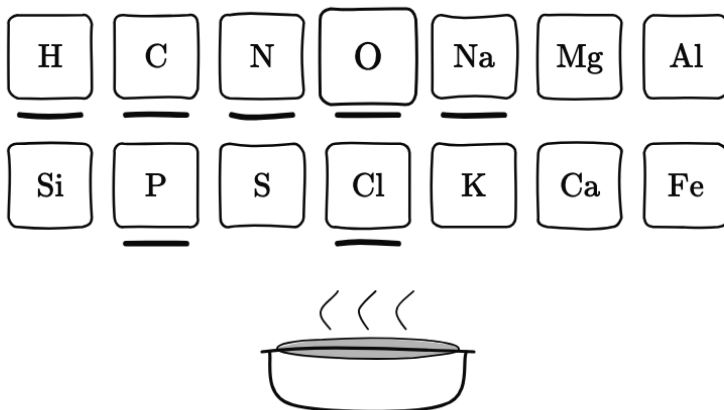


Металлы и металлоиды

Многие простые тела, хотя и не все, обладают особым блеском, непрозрачны, куются и очень хорошо проводят тепло и электричество. Таковы свойства металлов и их смесей между собой, которые называются сплавами. Простые тела без физических признаков металлов называют металлоидами; во времена Менделеева это означало то, что мы теперь называем неметаллами. В резких примерах, как медь рядом с серой, два рода явно различны. Но во многих частных случаях разница нерезка, и потому она не может служить основой точного деления простых тел на две группы. Серый стержень карандаша показывает затруднение: графит — не металл, но у него мягкий блеск, и он проводит электричество достаточно хорошо, чтобы его применяли в современных батареях.

Как бы ни делить, понятия элемента и простого тела — основание химии, и Менделеев с самого начала даёт список простых тел, чтобы показать состояние знаний. Признано около восьмидесяти простых тел. Некоторые из них, около шести, так редки и получены в таких малых количествах, что сведения о них иногда скудны и неполны. Обычные тела природы содержат лишь очень небольшое число простых тел, и они изучены лучше всего, просто потому, что с ними могло опытно работать больше исследователей.

≈ 80 ИЗВЕСТНО



Четырнадцать самых обычных

Самых распространённых — четырнадцать. Водород — в воде и в живых существах. Углерод — в живых существах, в каменном угле и в известняке. Азот — в воздухе и в живых существах.

Кислород — в воздухе, воде и земле, и из всех них его масса наибольшая. Натрий — в поваренной соли и многих камнях; магний — в морской воде и камнях; алюминий — в камнях и глине; кремний — в песке, глине и камнях. Фосфор — в костях, золе растений и почве; сера — в колчедане, гипсе и морской воде; хлор — в поваренной соли и морской воде. Калий — в камнях, золе растений и селитре; кальций — в известняке, гипсе и живых существах; и железо — в почве, железных рудах и живых существах. Тарелка подсолённого супа на вашем кухонном столе уже содержит большинство из них: водород и кислород в воде, натрий и хлор в соли, углерод, азот, фосфор и прочие в еде.

Второй список содержит простые тела, не очень распространённые в природе, но чьи соединения применяются в быту или промышленности. Литий применяется в медицине и фотографии; бор — в буре и борной кислоте; фтор — в плавленом шпате и в кислоте, которой травят стекло. Хром и марганец дают сильно окрашенные соединения, применяемые как окислители; кобальт окрашивает стекло в синий цвет; никелем покрывают другие металлы. Медь, знакомый красный металл; цинк — в листах, в гальванических элементах и в латуни; и мышьяк, белая окись которого — яд. Бром — бурая летучая жидкость; стронций даёт красный цвет бенгальских огней; серебро — знакомый белый металл; кадмий даёт жёлтую краску. Олово, сурьма в сплавах вроде типографского шрифта, иод в медицине и фотографии, барий в тяжёлом шпате и как добавка к белой краске. И наконец платина, золото, ртуть и свинец, металлы, которые знает каждый, и висмут, применяемый в медицине и в сплавах, плавящихся при низкой температуре. Аккумулятор вашего телефона несёт литий, а оцинкованное

ведро в сарае — это железо под слоем цинка: два предмета из второго списка Менделеева в современном доме.



Счёт до семидесяти семи

Третий список применяется меньше, хотя хорошо известен и довольно часто встречается в природе в малых количествах: бериллий, титан, ванадий, селен, цирконий, молибден, палладий, церий, вольфрам, осмий, иридий, таллий, торий и уран. Четвёртый список ещё реже и не имеет практического применения, хотя его соединения изучены довольно полно: среди них скандий, галлий, германий, рубидий, цезий и лантан, а также группа очень сходных редких земель.

Затем идёт группа, непохожая на все другие: газы, найденные Рамзаем, присутствующие в малых количествах в воздухе. Это гелий, неон, аргон, криптон и ксенон, и их отличает то, что ни одного соединения кого-либо из них с другим элементом ещё не получено. Есть также некоторое основание считать самостоятельными металлы актиний, полоний и радий, последний из которых открыла госпожа Кюри, найденные в так называемых радиоактивных соединениях, которые встречаются как малые примеси в рудах урана и тория. Красное свечение неоновой вывески — работа одного из газов Рамзая, выбранного именно потому, что он почти ни с чем не реагирует.

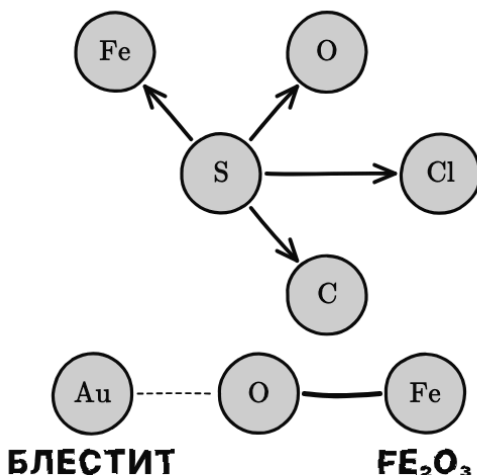
Вот подсчёт вслух. Четырнадцать распространённых тел плюс двадцать три в повседневном употреблении дают тридцать семь. Прибавьте четырнадцать менее применяемых, и выйдет пятьдесят одно; прибавьте восемнадцать редких, но изученных, и дойдёте до шестидесяти девяти. Пять газов Рамзая доводят счёт до семидесяти четырёх, а три радиоактивных металла — до семидесяти семи. Это ровно то число, которое даёт Менделеев, а за этими семьюдесятью семью он называет ещё несколько, гадолиний, тербий, тулий, гольмий и другие, свойства которых пока мало известны, а самостоятельность не вполне установлена.

Только ли это вещества Земли? Нет: присутствие многих самых обычных из них, таких как водород, натрий, магний и железо, несомненно доказано на далёких небесных телах изучением их света. Это убеждает нас, что форма вещества, являющаяся на Земле в виде простых тел, простирается далеко по вселенной. Почему одних простых тел в природе настолько больше, чем других, говорит Менделеев, мы пока не знаем.

СРОДСТВО



Н Na Mg Fe
В ЗВЁЗДАХ



Те же кирпичики, разный аппетит

Основная черта каждого элемента — его способность соединяться с другими в соединения, более или менее прочные и склонные образовывать ещё более сложные. Сера, например, легко соединяется с металлами, с кислородом, с хлором и с углём. Серебро и золото соединяются с трудом, и многие их соединения непрочны и легко разлагаются при нагревании. Причина, или сила, побуждающая вещества к химическому превращению, должна одновременно быть причиной, удерживающей разные элементы вместе в соединении и придающей ему известную прочность. Эту причину называют сродством, или химическим сродством. Золотое кольцо, век пролежавшее в поле, выходит из земли блестящим, а железный гвоздь рядом рассыпается в ржавчину: сродство, видимое в почве.

Что же это за сила? Её следует мыслить чисто притягательной, как тяготение, и поэтому некоторые учёные, Бергман в конце восемнадцатого века и Бертолле в начале девятнадцатого, предполагали, что сродство в сущности то же, что всемирное тяготение, только действующее на мельчайших расстояниях. Но сродство нельзя вполне отождествить с тяготением, потому что тяготение зависит только от массы и расстояния, а не от рода вещества, тогда как сродство зависит от него сильно. Нельзя отождествить его и со сцеплением, силой, которая придаёт однородному твёрдому телу кристаллическую форму, упругость и твёрдость, а жидкости — её поверхность, капли и поднятие в узких трубках. Сцепление действует между частицами одного и того же вещества, сродство — между разными веществами, хотя оба действуют лишь на неувидимо малых расстояниях и имеют много общего.

Не то же сродство и что силы, заставляющие разные тела приставать друг к другу: две плоские полированные пластинки слипаются, жидкость смачивает твёрдое тело, газ стесняется на твёрдой поверхности. При химическом превращении одно тело проникает в другое и образуется новое, чего не бывает при простом прилипании. И всё же эти силы прилипания, действующие лишь при полном соприкосновении, — переход от механических сил к химическим. Капля воды, держащаяся на окне, — это прилипание, а не реакция: и стекло, и вода остаются тем, чем были.

Долгое время, особенно в первой половине девятнадцатого века, химическое притяжение отождествляли с электрическими силами. Они тесно связаны: химические взаимодействия производят электричество, а электричество сильно влияет на

химические процессы, как когда гальванический ток разлагает соединения. Но химия так же тесно связана с теплотой: при химических превращениях выделяется тепло, а тепло может разлагать тела. Такие связи лишь показывают единство сил природы, способность одной силы порождать другую, переходить в неё и изменять её. Поэтому отождествление химических сил с электрическими не выдержало опытной проверки.

Из всех молекулярных явлений природы теплота понята полнее всего, сведена к основным механическим понятиям энергии, равновесия и движения, доступным со времён Ньютона строгой математике. Поэтому естественно, говорит Менделеев, особенно в последние десятилетия, стремиться привести химические представления в строгую связь с явлениями теплоты, не считая, однако, химические явления тепловыми. Природа химических сил так же скрыта от нас, как природа тяготения. Но как астрономия, не зная, что такое тяготение, научилась с помощью механических понятий весьма подробно описывать и предсказывать небесные явления, так и химия может надеяться на настоящие успехи через механическую теорию теплоты.

Эта часть химии ещё разрабатывается и развивается в особой ветви, называемой теоретической или физической химией, а лучше всего — химической механикой. Она предполагает, что вы уже знаете множество веществ, превращения, которым они подвергаются, и сопровождающие их явления. Поэтому, заключает Менделеев, к химической механике можно прийти, лишь усвоив основные понятия и вещества химии, а это и есть главная цель его книги.

Запомним

Металлы блестят, непрозрачны, ковки и проводят тепло и электричество; у металлоидов этих признаков нет; но граница размыта и не может точно разделить простые тела. Было признано около восьмидесяти простых тел: четырнадцать распространённых, с кислородом по наибольшей массе, затем применяемые в быту, более редкие, газы Рамзая без известных соединений и радиоактивные металлы, всего семьдесят семь, да ещё несколько сомнительных. Те же простые тела находят в свете далёких звёзд. Каждый элемент отличается готовностью соединяться; сила, стоящая за этим, химическое сродство, — не тяготение, не сцепление, не прилипание и не электричество, хотя она связана с теплотой и электричеством. Её природа скрыта, и химическая механика, изучающая её через теорию теплоты, должна идти после знакомства с самими веществами.

Вопросы

1. Почему деление на металлы и металлоиды не может служить точным делением простых тел?
 - а. Потому что металлоиды при нагревании превращаются в металлы.
 - б. Потому что во многих частных случаях физические признаки металла присутствуют лишь отчасти, и

граница размыта.

с. Потому что металлоидов больше, чем металлов.

d. Потому что металлы и металлоиды не могут образовывать соединений друг с другом.

2. Что отличает газы Рамзая, например гелий и аргон, от всех других простых тел?

a. Ни одного соединения кого-либо из них с другим элементом ещё не получено.

b. Это самые распространённые вещества в природе.

с. Они радиоактивны.

d. Это металлы, которые случайно оказались газами.

3. Почему химическое сродство не может быть тем же, что сцепление, хотя оба действуют лишь на крошечных расстояниях?

a. Потому что сцепление действует только в жидкостях.

b. Потому что сродство зависит только от массы и расстояния.

с. Потому что сцепление отталкивает частицы.

d. Потому что сцепление действует между частицами одного вещества, а сродство — между разными веществами.

4. Химическое превращение производит электричество, а ток может разлагать соединения. Почему же Менделеев отверг мысль, что химические силы электрические?

a. Потому что электричество тогда ещё совсем не понимали.

- б. Потому что химия так же тесно связана с теплотой, а такие связи лишь показывают, что силы природы могут порождать друг друга.
- с. Потому что ток никогда не может разложить ни одного соединения.
- д. Потому что химические превращения на практике никогда не производят электричества.

Ответы

- 1. б) В резких примерах, как медь и сера, разница ясна, но во многих случаях она нерезка, и потому не может быть основой точного деления.
- 2. а) Они встречаются в малых количествах в воздухе, и, в отличие от всех других простых тел, ни одного их соединения получено не было.
- 3. д) Сцепление придаёт однородному твёрдому телу форму, а жидкости — капли, действуя внутри одного вещества; сродство действует между разными веществами и создаёт нечто новое.
- 4. б) Теплота связана с химическим превращением так же тесно, как электричество; эти связи показывают единство сил природы, а отождествление с электричеством не выдержало проверки.

Задачи

- 1. В списках Менделеева названы 14 распространённых простых тел, 23 применяемых в быту, 14 менее применяемых, 18 редких, но изученных, 5 газов, найденных Рамзаем, и 3 радиоактивных металла. Проверьте, что это даёт его итог.

Подсказка: Складывайте группы по одной.

Ответ: 77. Четырнадцать плюс двадцать три — 37; плюс четырнадцать — 51; плюс восемнадцать — 69; плюс пять — 74; плюс

три — 77, то число, которое даёт Менделеев, прежде чем назвать ещё несколько сомнительных сверх него.

2. Объясните, чем слипание пары полированных пластинок отличается от химического превращения и почему Менделеев всё же видит в таком слипании связь между механическими и химическими силами.

Подсказка: Спросите, образуется ли новое вещество и на каком расстоянии действуют силы.

Ответ: Когда пластинки слипаются, каждая остаётся тем, чем была; при химическом превращении одно тело проникает в другое и образуется новое вещество. Но силы прилипания, как и химические, действуют лишь при полном соприкосновении, поэтому они составляют переход между механическими и химическими силами.

3. Почему Менделеев надеется, что химия может продвинуться через теорию теплоты, хотя природа химической силы неизвестна?

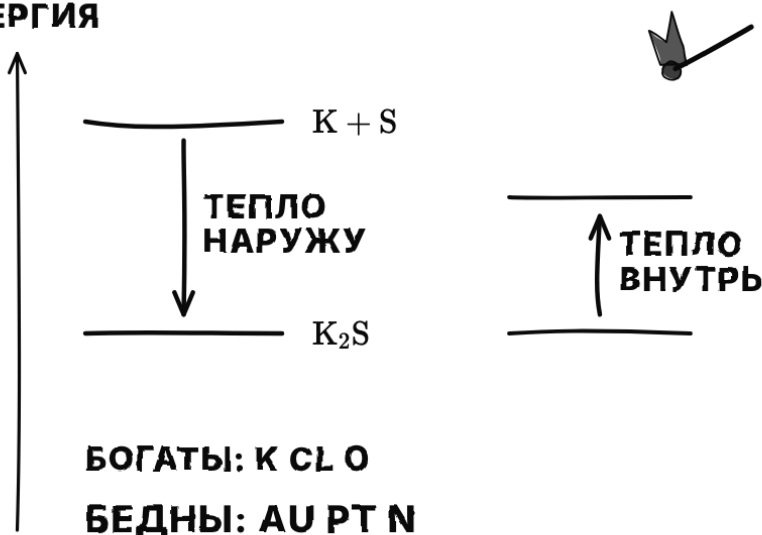
Подсказка: Подумайте, как обходилась астрономия, не зная, что такое тяготение.

Ответ: Теплота — лучше всего понятое молекулярное явление, сведённое к механическим понятиям энергии, равновесия и движения. Как астрономия предсказывала небо с помощью механических понятий, не зная, что такое тяготение, так и химия может продвинуться через механическую теорию теплоты, не зная, что такое сродство.

Скрытый запас химической энергии

Чиркните спичкой. Мгновение назад это была холодная палочка с розовой головкой; теперь она отдаёт тепло и свет, которых нигде не было видно. Тепло не взялось из ничего, потому что энергия никогда не создаётся. Значит, оно ждало, скрытое, в веществах спичечной головки и воздуха. Туда-то и ведёт нас теперь Менделеев: к энергии, которую вещества несут в себе.

ЭНЕРГИЯ



Скрытый запас энергии

Его рассуждение состоит из трёх шагов. Химические превращения происходят от внутренних сил, принадлежащих

самим веществам. Химические явления всегда состоят в движении вещественных частиц. А изучение механики и физики установило, что энергия сохраняется: она меняет вид, но никогда не теряется и не создаётся. Поэтому мы должны признать, что вещества, и элементы в особенности, хранят запас химической энергии, невидимое движение, побуждающее их реагировать. Если реакция выделяет тепло, часть химической энергии перешла в теплоту; если реакция поглощает тепло, часть этого тепла скрылась в виде химической энергии. Аккумулятор делает это видимым: включая его в сеть, вы вталкиваете энергию в его вещества, а работа телефона позволяет им снова её тратить, слегка нагревая телефон.

Этот запас может истощаться. После нескольких соединений, каждое из которых выделяет тепло, у сложного тела может остаться так мало энергии, что оно становится вялым, неэнергичным телом. И всё же такое тело иногда может соединиться с энергичным простым или сложным веществом и дать ещё более сложные тела, вновь способные реагировать. Среди простых тел у золота, платины и азота энергии мало; у калия, хлора и кислорода её очень много.

Несходные вещества, соединяясь, часто дают продукт с уменьшенной энергией. Калий и сера, если их нагреть, оба легко горят на воздухе. Но когда они соединились друг с другом, соединение, хотя ещё может окисляться, не горит на воздухе, как его отдельные части. Часть энергии калия и серы выделилась в виде тепла, когда они соединились. Как при переходе вещества из одного состояния в другое, например из льда в воду, поглощается или выделяется некоторое количество тепла, так и при всяком соединении, разложении и другом химическом

процессе меняется запас химической энергии, а вместе с ним выделяется или поглощается тепло.

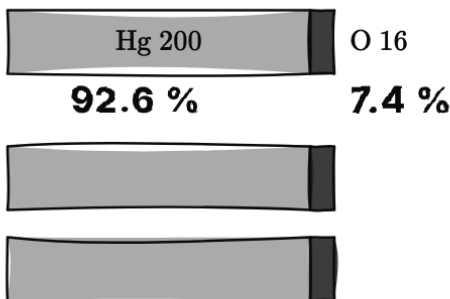
Чтобы понимать химическое превращение механически, то есть изучать, как идут реакции, Менделеев называет пять особенно важных родов знания. Первый — стехиометрия, часть химии, изучающая количественные отношения, по весу и по объёму, между реагирующими веществами. Второй — различие разных видов и классов химического взаимодействия. Третий — изучение того, как меняются свойства при изменении состава. Четвёртый — явления, сопровождающие химическое превращение, а пятый — общий взгляд на условия, в которых идут реакции.

Стехиометрия разработана очень полно. Её законы, найденные Дальтоном, Авогадро и Жераром и другими, так глубоко проникают во всю химию, что её нынешнее состояние можно назвать веком их подробного приложения к частным случаям. Выражение состава тел по весу и по объёму — до сих пор главная задача химических исследований, поэтому остальная часть книги Менделеева подчинена этим законам. Даже смысл соединения, разложения и замещения получил новый характер от точных представлений о количествах реагирующих веществ. И из этих представлений возникло новое деление соединений на определённые и неопределённые.

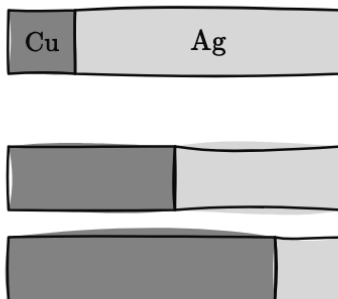
В начале девятнадцатого века Бертолле не делал такого различия. Но Пруст показал, что очень многие соединения содержат свои части в совершенно точной весовой пропорции, которая не меняется ни при каких условиях. Красная окись ртути, например, содержит шестнадцать весовых частей

кислорода на каждые двести частей ртути. Вот расчёт вслух. Двести плюс шестнадцать — это двести шестнадцать частей окиси. Доля кислорода — шестнадцать из двухсот шестнадцати, около семи и четырёх десятых процента; доля ртути — двести из двухсот шестнадцати, около девяноста двух и шести десятых процента. Так что любой образец красной окиси ртути, из любой лаборатории, примерно на девяносто три процента состоит из ртути.

ОПРЕДЕЛЁННЫЕ 216 ЧАСТЕЙ



НЕОПРЕДЕЛЁННЫЕ

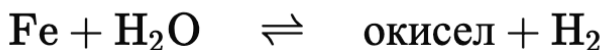


$$200 + 16 = 216$$

А в сплаве меди с серебром можно добавить любое количество любого из металлов, так же как можно менять пропорцию сахара и воды в растворе, и всё равно получится однородное целое с совокупными свойствами его частей. Это неопределённые

соединения. В природе и в лабораторной и заводской практике сплавы и растворы играют столь же важную роль, как определённые соединения, но так как законы пропорций прилагались больше к определённым, знания о неопределённых соединениях были менее полны, и лишь в последние годы исследователи обратились к ним. Сладость вашего чая зависит от вас, это неопределённое соединение; но вода в чашке имеет одну и ту же постоянную пропорцию водорода и кислорода, взята ли она из крана в Москве или из источника в Альпах.

Для химической механики очень важно отличать обратимые реакции от необратимых. Вещества, способные реагировать при данной температуре, дают тела, которые при той же температуре могут дать или не дать обратно исходные вещества. Соль растворяется в воде при обычной температуре, и при той же температуре раствор может отдать соль обратно, когда вода испаряется. Сероуглерод образуется из серы и угля при температуре, при которой он может и разложиться обратно на серу и уголь. Железо при известной температуре вытесняет водород из воды и образует окись железа, а при той же температуре окись с водородом может дать железо и воду.



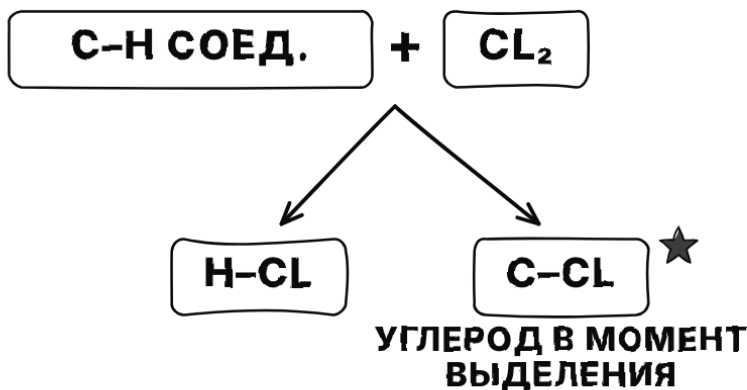
В обе стороны или в одну

Вот что из этого следует, рассказанное словами. Пусть два вещества дают два других, а эти два других могут дать обратно первые два. Тогда, начнёте ли вы с данной массы первой пары или с соответствующей массы второй, в конце будут все четыре вещества вместе, в химическом равновесии. Увеличьте количество одного из них, и равновесие установится в новом месте, так что обратимые реакции позволяют изучать, как масса вещества влияет на ход превращения.

Многие реакции очень сложных соединений и смесей необратимы. Многие сложные вещества растений и животных распадаются от жара, и их продукты никогда, ни при какой температуре, не дают обратно исходного вещества. Порох, смесь

селитры, серы и угля, сгорает в газы и дым, которые ни при какой температуре не дают обратно исходных веществ. Кухонный пример — гренки: никакая температура не превратит подрумяненную корочку обратно в свежий хлеб.

Чтобы получить такие вещества, нужен обходной путь. Если одно вещество ни при каких условиях не соединяется прямо с другим, это не значит, что их соединение не может существовать. Часто первое можно соединить с третьим веществом, а второе — с четвёртым; и если у третьего сильное сродство к четвёртому, то, когда два соединения действуют друг на друга, третье и четвёртое соединяются в пару, а первое и второе остаются и тоже соединяются. Первое и второе находятся тогда в особом, только что освобождённом состоянии, и считается, что они соединяются именно потому, что встречаются в момент выделения, в состоянии рождения.



Углерод встречается хлор окольным путём

Пример Менделеева — хлор. Он не реагирует прямо ни с углём, ни с графитом, ни с алмазом, видами свободного углерода, и всё же соединения хлора с углеродом существуют, и многие из них очень прочны. Их получают, действуя хлором на соединения углерода с водородом. Хлор отнимает водород, а углерод, освобождённый в этот момент, соединяется с частью хлора, так что в конце хлор соединён и с водородом, и с углеродом.

Запомним

Вещества хранят запас химической энергии, невидимое движение, побуждающее их реагировать; тепло, выделяемое реакцией, берётся из этого запаса, а поглощаемое тепло в нём скрывается. У золота, платины и азота энергии мало, у калия, хлора и кислорода — много; несходные вещества часто соединяются в продукт, менее энергичный, чем его части. Стехиометрия, учение о пропорциях, в которых реагируют вещества, — самая разработанная часть химии, и она делит соединения на определённые, как красная окись ртути с шестнадцатью частями кислорода на двести частей ртути, и неопределённые, как сплавы и растворы.

Обратимые реакции идут в обе стороны и приходят к химическому равновесию, которое сдвигается с количеством веществ; необратимые, как горение пороха, идут только в одну сторону. Вещества, не соединяющиеся прямо, иногда можно соединить обходным путём, когда они встречаются в состоянии рождения, как хлор и углерод.

Вопросы

1. Реакция поглощает тепло из окружающей среды. Куда, по Менделееву, девается это тепло?
 - а. Реакция его уничтожила.
 - б. Оно ушло в виде света.

- c. Оно перешло, по крайней мере отчасти, в химическую энергию продуктов.
 - d. Оно превратилось в лишний вес продуктов.
- 2. Что показал Пруст, чего не различал Бертолле?
 - a. Что многие соединения содержат свои части в постоянной весовой пропорции, в отличие от сплавов и растворов.
 - b. Что всякое соединение можно разложить теплом.
 - c. Что сплавы — простые тела.
 - d. Что газы ничего не весят.
- 3. Что происходит в обратимой реакции, если увеличить количество одного из веществ?
 - a. Реакция становится необратимой.
 - b. Ничего не меняется, потому что равновесие неизменно.
 - c. Все остальные вещества исчезают.
 - d. Равновесие устанавливается в новом месте, что позволяет изучать, как масса влияет на превращение.
- 4. Хлор и углерод не соединяются прямо, но их соединения существуют. Почему обходной путь работает?
 - a. Потому что хлор превращается в углерод, встречаясь с водородом.
 - b. Потому что углерод, освобождённый из соединения с водородом, находится в состоянии рождения и особенно готов соединяться.
 - c. Потому что алмаз растворяется в хлоре при высокой температуре.

d. Потому что водород отдаёт свою энергию хлору.

Ответы

1. c) Энергия сохраняется; тепло, поглощённое реакцией, отчасти скрывается в виде химической энергии, запасённой в образовавшихся веществах.

2. a) Пруст нашёл, что многие соединения содержат свои части в точной пропорции, которая никогда не меняется, и это отделяет определённые соединения от неопределённых.

3. d) Добавка одного вещества даёт новые условия равновесия, так что обратимые реакции показывают влияние массы на химическое превращение.

4. b) Хлор отнимает водород, а углерод, освобождённый в этот момент, в состоянии рождения, соединяется с частью хлора.

Разобранные примеры

Постоянная пропорция красной окиси ртути Красная окись ртути содержит 16 весовых частей кислорода на каждые 200 частей ртути. Сколько процентов окиси составляет кислород и сколько ртути?

Пропорция постоянна, поэтому возьмите любой образец как 200 частей ртути и 16 кислорода.

Вместе это 216 частей окиси.

Доля кислорода — 16 из 216; умноженная на 100, это около 7,4 процента.

Доля ртути — 200 из 216, около 92,6 процента; вместе они дают 100.

Ответ: Около 7,4 процента кислорода и 92,6 процента ртути

Задачи

1. Пользуясь постоянной пропорцией 16 частей кислорода на 200 частей ртути, найдите, сколько кислорода можно получить, полностью разложив 54 грамма красной окиси ртути.

Подсказка: Кислорода 16 частей в каждом 216 частях окиси.

Ответ: 4 грамма. 54 грамма — это четверть от 216, значит, кислорода четверть от 16, то есть 4 грамма, а ртути 50 граммов.

2. Ювелир делает два сплава меди с серебром, в одном гораздо больше серебра, чем в другом, и оба однородны. Химик дважды получает красную окись ртути и всякий раз находит одну и ту же пропорцию ртути к кислороду. Объясните разницу.

Подсказка: Подумайте об определённых и неопределённых соединениях.

Ответ: Сплав — неопределённое соединение: любого из металлов можно добавить сколько угодно, и целое останется однородным.

Красная окись ртути — определённое соединение: её части всегда находятся в одной и той же постоянной весовой пропорции, каковы бы ни были условия.

3. Калий и сера по отдельности горят на воздухе, если их нагреть, а их соединение — нет. Объясните это с помощью понятия о запасе химической энергии.

Подсказка: Что выделилось, когда они соединялись?

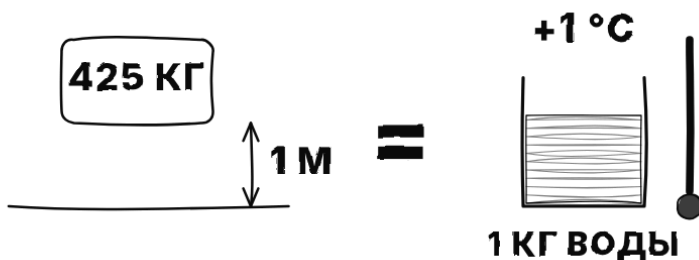
Ответ: Когда калий и сера соединились, часть их запаса химической энергии выделилась в виде тепла. У соединения осталось меньше энергии, поэтому, хотя его ещё можно окислить, оно уже не горит на воздухе, как его части.

Тепло открывает и закрывает дверь

Кусок угля может годами лежать на открытом воздухе и не загореться, хотя нужный ему кислород всё время его касается. Подержите пламя у одного угла, пока он не раскалится, и огонь сам поползёт дальше, пока не останется одна зола. Вещества были там всё время; измениться должно было что-то другое. Прежде чем Менделеев обратится к тому, что это такое, он смотрит на движение в обе стороны между химией и физикой.



движение $\rightleftharpoons$ ток



$$1 \text{ L, } +80^{\circ}\text{C} = 34 \text{ t} \times 1 \text{ m}$$

425 килограммометров = 1 единица теплоты

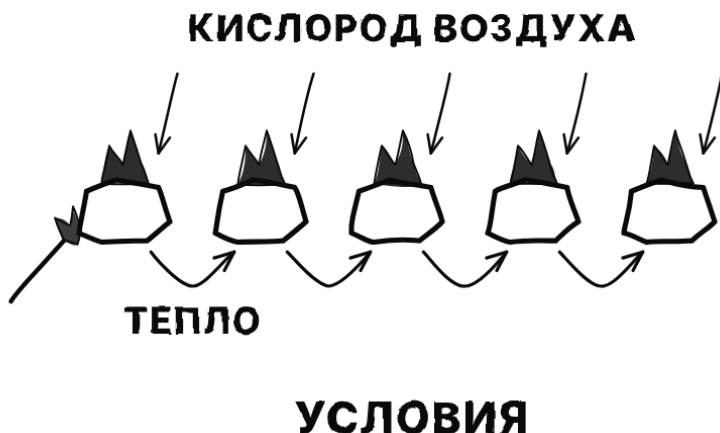
В химических процессах, говорит он, есть не только движение частиц, но и теплота, свет, электрическое напряжение и гальванический ток. И каждое из них, в свою очередь, может изменять химические превращения. Это двустороннее действие, или обратимость, происходит оттого, что все явления природы суть лишь разные виды и формы движения, видимого или невидимого, частичного движения. Физика показала, что звук, а затем и свет — в сущности колебания.

Связь между теплотой и механической работой тоже перестала быть догадкой и стала несомненной, и её измерили. Менделеев приводит число: четыреста двадцать пять килограммометров механической работы соответствуют одной килограммовой единице теплоты, калории в его смысле. Вот что это значит, сказанное вслух. Килограммометр — это работа поднятия одного килограмма на один метр. Значит, поднять четыреста двадцать пять килограммов на один метр — столько же работы, сколько тепла, которое нагревает килограмм воды на один градус. Или наоборот: гиря в один килограмм должна была бы упасть с высоты четырёхсот двадцати пяти метров, чтобы нагреть килограмм воды всего на один градус, если бы вся её работа перешла в тепло. Вот почему чайнику на электрической плите нужно так много энергии: нагреть литр воды на восемьдесят градусов — столько же работы, сколько поднять тридцать четыре тонны на метр.

Электричество тоже можно получить из механической работы, и статическое, и ток, как в динамо-машине Грамма; а ток в электродвигателе отдаёт механическое движение обратно. Пропустите ток через машину Грамма, и она вращается; вращайте её, и она даёт ток. Поэтому химическая механика

должна брать главные направления своего развития из этих связей между химическими, физическими и механическими явлениями. Но Менделеев откровенен: у предмета, сложного и нового, ещё нет стройной теории, нет даже удовлетворительной гипотезы, поэтому он оставляет его особой отраслью, физической химией, и не останавливается на нём. Электромобиль проделывает тот же двусторонний фокус: мотор крутит колёса от аккумулятора, а при торможении вращающиеся колёса крутят его как генератор.

Теперь об угле. Химическое превращение идёт в данном направлении не только из-за масс, состава тел и их запаса химической энергии, но и из-за условий, в которых находятся вещества. Чтобы между веществами, способными реагировать, произошла реакция, часто нужно много условий, иногда совсем не похожих на те, в которых вещества обычно лежат в природе. Чтобы уголь горел, нужен воздух, и его кислород, но уголь должен ещё и раскалиться, быть сильно нагрет. Раскалённая часть соединяется с кислородом воздуха, и выделяющееся тепло раскаляет следующие части, которые горят лишь потому, что сначала нагрелись. Каждая реакция точно так же идёт лишь при известных физических, механических и иных условиях. Мангал показывает это каждое лето: угли лежат холодными в мешке, пока растопка не запустит цепочку, а потом тепло каждого уголька зажигает соседей.



Тепло передаёт огонь дальше

Первое условие — степень нагревания. Соединения идут только в известных пределах температуры и вне их не идут. Горение начинается и продолжается, только когда топливо горячо; и, что удивительнее, соединения хлора или поваренной соли с водой образуются только ниже нуля градусов. При более высоких температурах эти соединения не образуются, а образовавшись, распадаются вполне или отчасти.

Почему нагревание начинает реакции? Одна причина в том, что тепло может перевести одно из реагирующих тел из твёрдого состояния в жидкое или парообразное, а жидкость помогает реагирующим частицам прийти в полное соприкосновение. Другая — в том, что нагревание ослабляет сцепление,

внутреннюю связь между однородными частицами, так что исходные тела легче распадаются и превращаются в новые соединения. Когда реакции нужно поглотить тепло, как разложению, необходимость нагревания очевидна. По всему, что известно о высокой температуре, теперь можно сказать, что всякое соединение разлагается при достаточно сильном жаре.



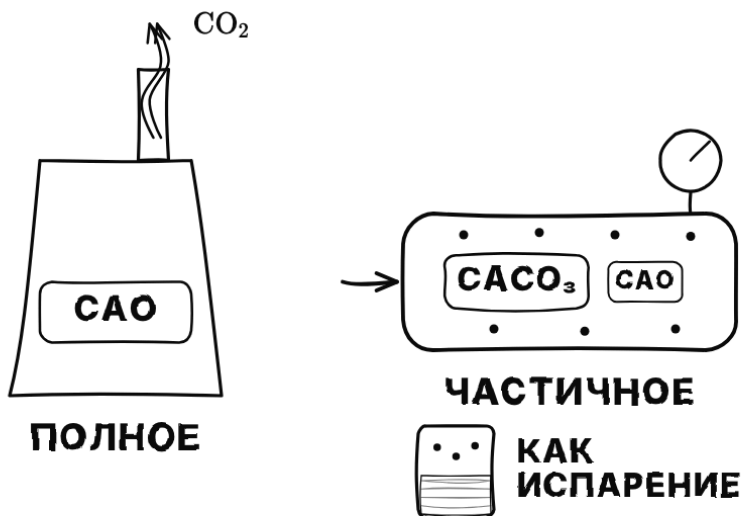
У каждой реакции своё окно

Мы уже видели, как красная окись ртути распадается на ртуть и кислород, а дерево разлагается от жара. Некоторые тела разлагаются при умеренном нагреве: гремучая ртуть, которую кладут в капсулы, разлагается, если нагреть её немного выше ста двадцати градусов. Многие вещества, составляющие ткани животных и растений, разлагаются около двухсот градусов.

Кухонная духовка на двухстах градусах подрумянивает жаркое именно поэтому: вещества мяса начинают разлагаться.

При очень низких температурах, напротив, никаких химических реакций не происходит вовсе. Мы видим это на растениях, химические процессы которых останавливаются в зимний холод. В тысяча восемьсот девяносто втором году Рауль Пикте, пользуясь очень низкими температурами, до минус двухсот градусов, которых достигают кипением сжиженных газов, подтвердил это. Ниже минус ста двадцати градусов не реагирует даже серная кислота с едким натром или с металлическим натрием, а лакмус начинает менять цвет от кислот только выше минус восьмидесяти. Значит, каждой реакции нужен свой интервал температур, и на солнце, где очень жарко, или на луне, где очень холодно, многие превращения, которые мы видим на Земле, наверняка идти не могут.

Особенно поучительно действие тепла на обратимые реакции. Нагрейте соединение, которое может вновь образоваться из своих продуктов; когда разложение начнётся, оно не закончится сразу, ни во времени, ни по количеству, для данной массы в данном объёме. Разлагается лишь часть; поднимите температуру, и разложившаяся часть растёт; каждой температуре при данном объёме отвечает своё отношение разложившегося вещества к нетронутому, пока не будет достигнута температура, при которой распадается всё соединение. Это неполное разложение от тепла называется диссоциацией, и можно различать температуры её начала и конца.

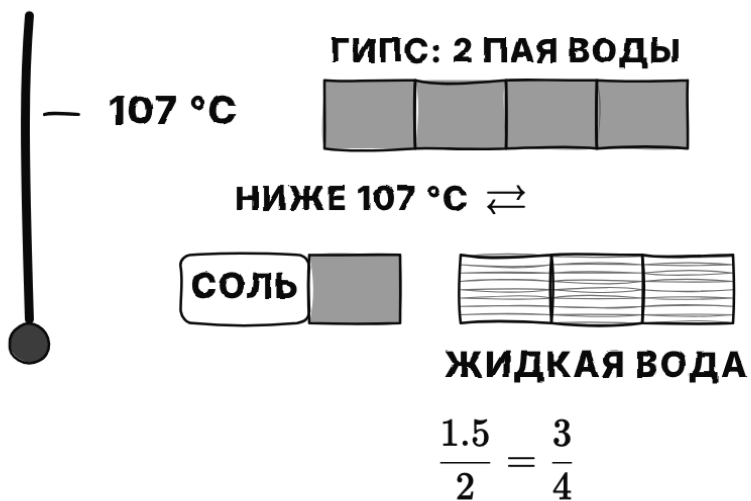


Открытая печь, запаянный ствол

Если один или все продукты не остаются в соприкосновении с неразложившимся соединением, разложение идёт до конца. В известковой печи известняк разлагается полностью на известь и углекислый газ, потому что газ может уйти. Запаяйте тот же камень в ружейный ствол, заклейте его и нагрейте, и газ не сможет уйти; тогда при каждой температуре выше начала диссоциации разлагается лишь доля камня. Разложение останавливается, когда углекислый газ достигает наибольшего давления диссоциации, свойственного этой температуре. Поднимите давление, добавив газа, и соединение начнётся вновь; понизьте его, и разложение продолжится.

Это, говорит Менделеев, совсем как испарение. Если пар не удаляют, его давление достигает наибольшего для этой температуры значения, и испарение прекращается. Добавьте пара, и он стухнется в жидкость; удалите часть, сохраняя температуру, и испарение возобновится. Эти понятия о диссоциации ввёл Анри Сент-Клер Девиль. Менделеев добавляет, что разделённые части соединяются тем легче, чем ближе их температура к началу диссоциации; эта температура близка к той, при которой они начинают реагировать.

В некоторых случаях химическое превращение имеет вполне определённую температуру, сравнимую с точкой плавления или кипения: выше неё соединение распадается, ниже — образуется. Её можно заметить по термометру, а также по внезапному изменению объёма при этой температуре. Пример — природный гипс: соль кальция и серной кислоты с двумя паями связанной воды. При ста семи градусах в закрытом пространстве, чтобы вода не могла улететь паром, он вполне распадается в жидкую кашу: соль лишь с половиной пая воды и три четверти прежней воды в виде жидкости. Вот арифметика вслух: два пая воды становятся половиной пая, значит, освобождается полтора пая, а полтора из двух — это три четверти. Ниже этой температуры гипс с двумя паями воды снова образуется. Алебастр для сломанной руки — это гипс, нагретый, чтобы выгнать эту воду; снова смешанный с водой, он твердеет.



Гипс при 107 °C

Запомним

Химические, тепловые, электрические и механические явления переходят друг в друга, потому что все они формы движения; четыреста двадцать пять килограмметров работы равны одной килограммовой единице теплоты. Реакция зависит не только от веществ, но и от условий; уголь горит, только когда нагрет, а потом его собственное тепло поддерживает горение. У каждой реакции свой интервал температур: тепло помогает, сводя частицы и ослабляя сцепление, сильный жар разлагает всякое соединение, а глубокий холод, как показал Пикте, вовсе останавливает реакции. Обратимые соединения диссоциируют отчасти, постоянная доля при каждой температуре, как известняк в запаянном стволе, подобно жидкости, испаряющейся в закрытое пространство. У некоторых превращений резкая температура, как у гипса при ста семи градусах, который отдаёт три четверти своей воды.

Вопросы

1. Почему остальная часть куска угля продолжает гореть, после того как подожгли один угол?
 - а. Пламя добавляет углю кислород.
 - б. Тепло, выделяемое горящей частью, раскаляет следующие части, и они горят только потому, что

нагреты.

- c. Поджигание превращает уголь в газ, который горит сам.
 - d. Пламя сразу разрушает сцепление угля.
2. Известняк в печи разлагается полностью, а в запаянном нагретом ружейном стволе — лишь отчасти. В чём разница?
- a. В печи углекислый газ уходит; в стволе он накапливается до давления диссоциации, и разложение останавливается.
 - b. Ствол холоднее печи.
 - c. Железо ствола защищает камень.
 - d. Воздух в печи добавляет камню кислород.
3. Что произойдёт, если в запаянный ствол с частично диссоциировавшим известняком при постоянной температуре накачать ещё углекислого газа?
- a. Разложится больше известняка.
 - b. Ровно ничего не изменится.
 - c. Известь и углекислый газ снова начнут соединяться.
 - d. Известь расплавится в кашу.
4. Что показали опыты Пикте при очень низких температурах?
- a. Что холод ускоряет все реакции.
 - b. Что кислоты реагируют с едким натром при любой температуре.
 - c. Что лакмус сильнее всего меняет цвет при сильнейшем холоде.

d. Что ниже известного холода не идут даже бурные реакции.

Ответы

1. b) Раскалённая часть соединяется с кислородом и выделяет тепло, которое нагревает следующие части; каждая часть горит лишь потому, что сначала нагрелась.

2. a) Разложение идёт до конца только тогда, когда продукт может уйти; запёртый газ достигает наибольшего для этой температуры давления, и разложение прекращается.

3. c) Повышение давления выше давления диссоциации ведёт к соединению, так же как добавка пара над жидкостью заставляет его стучаться.

4. d) Ниже минус ста двадцати градусов не реагирует даже серная кислота с едким натром или натрием: каждой реакции нужен свой интервал температур.

Разобранные примеры

Работа и теплота 425 килограммометров работы соответствуют одной килограммовой единице теплоты, теплу, которое нагревает килограмм воды на один градус. Какая работа соответствует нагреванию 3 килограммов воды на 2 градуса?

Чтобы нагреть 3 килограмма на 2 градуса, нужно 3 раза по 2, то есть 6 килограммовых единиц теплоты.

Каждая единица теплоты соответствует 425 килограммометрам работы.

Значит, работа равна 6, умноженным на 425.

Это 2550 килограммометров, столько же, сколько поднять 2550 килограммов на один метр.

Ответ: 2550 килограмметров

Почему гипс отдаёт три четверти своей воды Гипс содержит два пая воды; при 107 градусах в закрытом пространстве он становится солью с половиной пая воды плюс жидкая вода. Какая доля его воды освобождается?

До превращения соль содержит два пая воды; после — половину пая.

Значит, освобождается два минус половина, полтора пая воды.

В долях от прежней воды это полтора из двух.

Полтора из двух — это три четверти, как и говорит Менделеев.

Ответ: Три четверти своей воды

Задачи

1. Груз в 10 килограммов падает с высоты 85 метров, и вся его работа переходит в тепло. Сколько это килограммовых единиц теплоты?

Подсказка: Работа в килограмметрах — это вес в килограммах, умноженный на высоту в метрах; затем разделите на 425.

Ответ: 2 единицы. Работа — 10, умноженное на 85, то есть 850 килограмметров, а 850, делённое на 425, — 2 килограммовые единицы теплоты.

2. Назовите две причины, по которым, по Менделееву, нагревание помогает веществам реагировать.

Подсказка: Подумайте, что тепло делает с состоянием твёрдого тела и со связью между его частицами.

Ответ: Тепло может превратить твёрдое тело в жидкость или пар, что помогает частицам прийти в полное соприкосновение; и оно ослабляет сцепление, связь между однородными частицами, так что тела легче распадаются и могут образовать новые соединения.

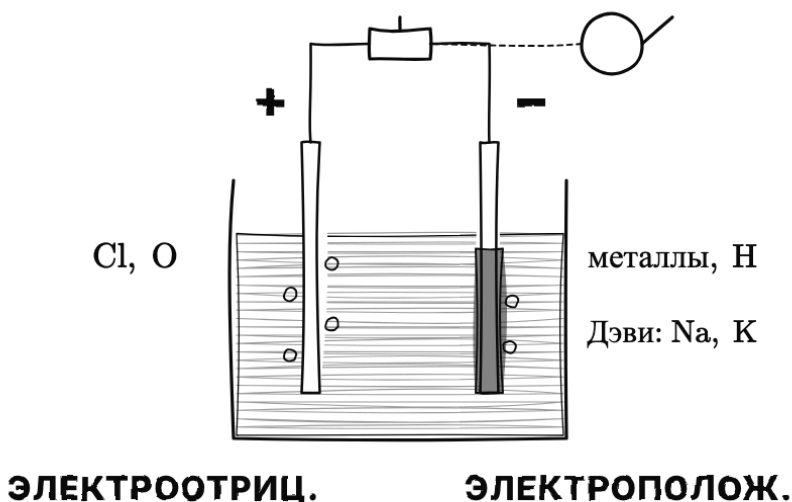
3. Объясните, почему диссоциацию известняка в закрытом сосуде сравнивают с испарением воды в закрытом пространстве.

Подсказка: Что останавливает каждый процесс и что запускает его снова?

Ответ: В обоих случаях процесс останавливается, когда газ или пар достигает наибольшего давления, свойственного этой температуре. Добавка газа или пара обращает его, давая соединение или сгущение; удаление части при той же температуре позволяет разложению или испарению продолжаться.

Ток, свет, удар и прикосновение платины

Опустите два провода от батарейки в стакан солёной воды. От обоих проводов начинают подниматься крошечные пузырьки, и если присмотреться, на двух концах они поднимаются не одинаково. Что-то в воде разлагается, и его части идут к разным проводам. Это второе условие, направляющее химическое превращение, и с него Менделеев начинает последний отрезок своего введения.



Ток разбирает части

Влияние гальванического тока, да и электричества вообще, очень похоже на влияние тепла. Большинство соединений, проводящих ток, им разлагаются. А близ условий, где происходит разложение, обычно происходят и соединения, так что электричество может вызывать и соединение, так же как нагревание. Электричество, говорит Менделеев, следует считать другим видом движения частиц, подобным теплоте, так что всё сказанное о теплоте относится и к току. Его преимущество в том, что разделить тело на части иногда можно удобнее, потому что это происходит при обычной температуре, и так можно разложить даже самые прочные тела.

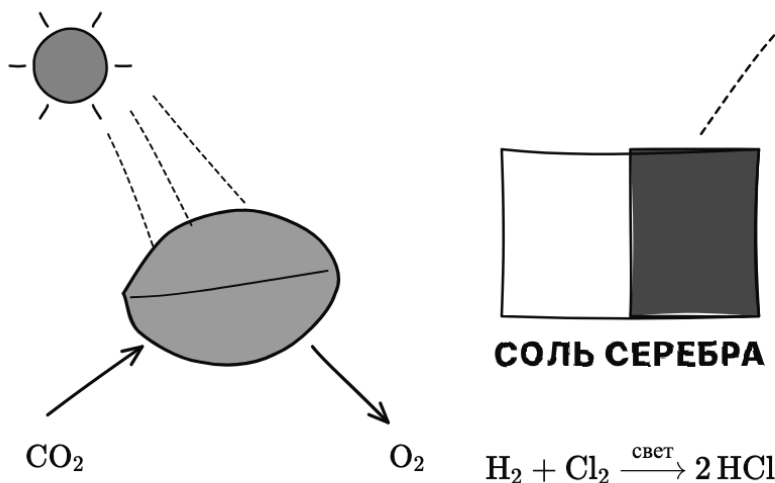
Есть одна важная особенность. Части появляются у разных полюсов, или электродов, через которые ток входит в тело. Вещества, появляющиеся у положительного полюса, анода, называются электроотрицательными: в основном неметаллы, такие как хлор и кислород, а также кислоты и подобные тела. У отрицательного полюса, катода, появляются металлы, водород и подобные продукты разложения, называемые ионами, и их называют электроположительными. В вашем стакане солёной воды хлор собирается у одного провода, а водород — у другого, и зарядка телефона именно так разбирает части веществ его аккумулятора.

Разложение соединений током привело к очень важным открытиям. Многие простые тела впервые были получены этим путём. Знаменитее всего получение калия и натрия, соединений которых с кислородом Лавуазье и химики его времени не могли разложить. Англичанин Дэви показал, что эти вещества разлагаются гальваническим током, и у отрицательного полюса получил содержащиеся в них металлы, калий и натрий. В

последнее время, когда динамо-машины позволили легко получать ток сжиганием топлива или силой воды, способ Дэви стал удобным и выгодным для заводов: натрий получают из расплавленного едкого натра, а хлор — из растворов поваренной соли. Алюминий в банке для напитков и сегодня получают так же, пропуская огромный ток через расплавленное соединение алюминия.

Третье условие — свет. Некоторые непрочные соединения разлагаются светом, и на этом свойстве некоторых веществ, например солей серебра, основана фотография. Механическая работа колебаний, составляющих свет, очень мала, поэтому светом могут разлагаться лишь некоторые, обычно непрочные, тела, по крайней мере в обычных условиях. Но есть химические явления, производимые светом, которые остаются ещё нерешённой задачей химии: те, что происходят в растениях. Там идёт огромное разнообразие разложений и соединений, часто ещё не воспроизведённых искусственными средствами.

Углекислый газ, столь прочный по отношению к току и теплу, разлагается в растениях под влиянием света, выделяя кислород. А хлор соединяется с водородом не только при нагревании, но и на свету, показывая, что свет может вызывать соединения, как и разложения. Зелёное растение на вашем подоконнике тихо делает то, чего не могла ни одна лаборатория времён Менделеева: разлагает углекислый газ одним лишь солнечным светом.



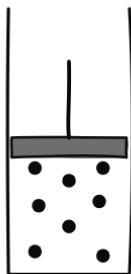
Свет разлагает и соединяет

Четвёртое условие — механическое действие, влияющее и на соединения, и на разложения. Многие вещества разлагаются от одного трения или удара, например йодистый азот, соединение азота, иода и водорода, и гремучая ртуть, взрывающаяся от удара в капсюлях. Трение заставляет серу гореть за счёт кислорода бертолетовой соли. Давление вместе с температурой определяет состояние веществ, особенно газов: измените давление, и объём сильно изменится, а с ним и число встреч разных частиц. Поэтому сжатый водород сильнее действует на иод и на растворы многих солей при подходящих температурах.

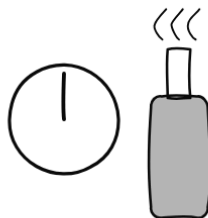
УДАР



ДАВЛЕНИЕ



ВРЕМЯ

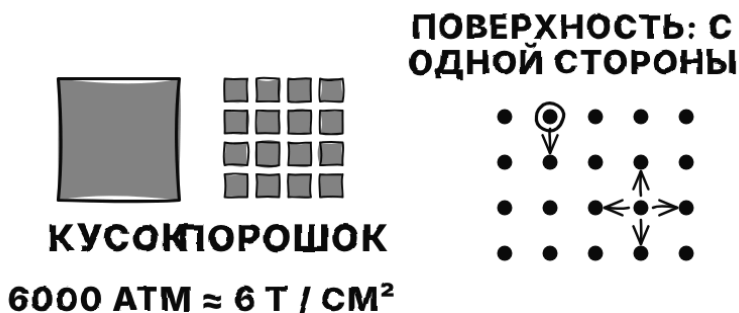


Удар, давление, время

Пятое условие — время. Чтобы тела проникли друг в друга, сначала должно произойти механическое перемещение, а оно идёт с определённой скоростью: твёрдое тело, горящее на воздухе, горит со своей поверхности и зависит от того, обновляется ли эта поверхность и притекает ли воздух, а на это нужно время. И даже после полного соприкосновения внутреннему движению, составляющему реакцию, нужно своё время. Известный пример — выдержка вина, дающая ему букет. Молодое вино содержит кислоты и спирт по отдельности; пока его хранят, они реагируют друг с другом путём двойного разложения, давая воду и душистые сложные эфиры. Эта реакция медленна при обычной температуре, обратима, так как эфиры и вода могут дать обратно спирт и кислоту, и её скорость

зависит от температуры и других условий. Таких медленных реакций много, но большинство резких химических превращений, встречаемых в начале химии, идут так быстро, что время обычно не принимают в расчёт.

Шестое условие — состояние соприкосновения между реагирующими телами. Увеличение числа точек соприкосновения при прочих равных усиливает напряжённость реакции. Серная кислота не поглощает маслородного газа при обычном соприкосновении, но поглощает при долгом взбалтывании, потому что число точек соприкосновения очень сильно возрастает. Твёрдые тела, чтобы полно и быстро подействовать друг на друга, должны быть смешаны как можно тоньше, растёрты в тончайший порошок.




ГУБКА РТ

Больше соприкосновения — быстрее превращение

Бельгийский химик Спринг показал, что порошки твёрдых тел, не реагирующие при обычной температуре, можно заставить реагировать при повышенном давлении. При шести тысячах атмосфер сера соединяется со многими металлами при обычной температуре, а порошки многих металлов образуют сплав. Вот это давление вслух. Одна атмосфера давит примерно одним килограммом на каждый квадратный сантиметр, так что шесть тысяч атмосфер — это около шести тысяч килограммов, шесть тонн, на каждый квадратный сантиметр, словно большой грузовик стоит на кончике пальца. Причина здесь, говорит Менделеев, в увеличении точек и поверхностей соприкосновения, и потому твёрдые тела могут реагировать так

же, как жидкости и газы, ведь в любом состоянии вещества частицы сохраняют своё внутреннее движение и подвижность.

Затем идёт тонкое замечание. Внутри вещества на каждую частицу действуют подобные ей со всех сторон, а на поверхности — только с одной. Поэтому состояние вещества на поверхности, где оно касается других тел, более или менее изменено и может быть подобно состоянию, вызванному повышением температуры. Это объясняет многочисленный класс контактных реакций, возникающих от одного присутствия, прикосновения, некоторых особых тел, что называется катализом. Порошковые и порошкообразные тела часто действуют так, прежде всего губчатая платина и уголь. Сернистый газ не соединяется прямо с кислородом, но в присутствии губчатой платины соединение происходит, с выделением тепла. Каталитический нейтрализатор под автомобилем делает ту же работу плёнкой платиновых металлов, заставляя выхлопные газы реагировать, пока они проходят над ней.

Эти общие, вводные понятия химии, заканчивает Менделеев, получают истинный смысл лишь через знакомство с частностями химии, к которым и обращается теперь книга. Но неизбежно было с самого начала встретиться с такими широкими началами, как законы сохранения вещества и сил, потому что лишь приняв их и под их руководством изучение частных может быть посильным и плодотворным. Так введение кончается там, где началось: на весах, где ничего не пропадает, и с энергией, которая лишь меняет свой вид.

Запомним

Электрический ток действует во многом как тепло, но может разлагать даже самые прочные соединения при обычной температуре, отправляя неметаллы и кислоты к положительному полюсу, а металлы и водород — к отрицательному; так Дэви впервые получил калий и натрий. Свет разлагает непрочные соединения, как в фотографии, может заставить хлор и водород соединиться, а в растениях разлагает даже углекислый газ. Трение, удары и давление могут начинать реакции, а реакциям нужно время, как медленному образованию букета вина. Больше точек соприкосновения — сильнее реакция: Спринг заставил порошки реагировать при шести тысячах атмосфер, а поверхности вроде губчатой платины вызывают контактные реакции. Все подробности химии опираются на законы сохранения вещества и энергии, установленные вначале.

Вопросы

1. Какое преимущество перед теплом даёт электрический ток при разложении соединений?
 - a. Он действует при обычной температуре и может разлагать даже самые прочные тела.
 - b. Он никогда не производит никаких соединений.
 - c. Он разлагает только непрочные соединения, поэтому безопаснее.

- d. Он превращает соединения в свет вместо новых веществ.
2. Когда ток разлагает соединение, где появляются металлы и водород?
- a. У положительного полюса, анода.
 - b. Равномерно по всей жидкости.
 - c. У отрицательного полюса, катода.
 - d. Они не появляются; выделяются только неметаллы.
3. Почему долгое взбалтывание позволяет серной кислоте поглотить газ, на который она не действует при простом соприкосновении?
- a. Взбалтывание нагревает кислоту до кипения.
 - b. Взбалтывание превращает газ в жидкость.
 - c. Взбалтывание освобождает кислород из кислоты.
 - d. Взбалтывание сильно увеличивает число точек соприкосновения.
4. Почему поверхность тела вроде губчатой платины может вызвать реакцию?
- a. Потому что платина отдаёт продуктам своё собственное вещество.
 - b. Потому что на частицы на поверхности действуют лишь с одной стороны, и их состояние изменено, отчасти как при нагревании.
 - c. Потому что платина всегда несёт электрический ток.
 - d. Потому что свет фокусируется на поверхности пористых тел.

Ответы

1. **a)** Ток действует во многом как тепло, но разложение можно провести удобнее при обычной температуре, и поддаются даже самые прочные тела.
2. **с)** Металлы, водород и подобные продукты появляются у отрицательного полюса и называются электроположительными; неметаллы и кислоты идут к положительному полюсу.
3. **d)** Больше точек соприкосновения при прочих равных — напряжённее реакция, а взбалтывание их умножает.
4. **b)** Внутри тела каждую частицу тянут со всех сторон, на поверхности — с одной; изменённое там состояние может быть подобно состоянию при более высокой температуре, что и объясняет контактные реакции.

Разобранные примеры

Как сильно давил Спринг Спринг заставил серу соединиться с металлами при обычной температуре под давлением 6000 атмосфер. Если принять одну атмосферу примерно за один килограмм на каждый квадратный сантиметр, какая это нагрузка на квадратный сантиметр?

Каждая атмосфера — это примерно один килограмм на каждый квадратный сантиметр.

Значит, 6000 атмосфер — это 6000 раз по одному килограмму на каждый квадратный сантиметр.

Это 6000 килограммов, или шесть тонн, на каждый квадратный сантиметр.

Такое давление теснит поверхности порошков друг к другу, умножая точки соприкосновения, так что они могут реагировать.

Ответ: Около 6000 килограммов, шести тонн, на каждый квадратный сантиметр

Задачи

1. При скольких атмосферах порошок сжимался бы примерно полутора тоннами на каждый квадратный сантиметр?

Подсказка: Одна атмосфера — это примерно один килограмм на квадратный сантиметр; тонна — тысяча килограммов.

Ответ: Около 1500 атмосфер. Полторы тонны — это 1500 килограммов, а при примерно одном килограмме на атмосферу это 1500 атмосфер, четверть от 6000 у Спринга.

2. Почему Дэви смог получить калий и натрий, а Лавуазье — нет?

Подсказка: Что может ток, чего не могли тепло и способы времён Лавуазье?

Ответ: Соединения калия и натрия с кислородом были слишком прочны для средств времён Лавуазье. Дэви пропустил через них гальванический ток, который разлагает даже самые прочные соединения, и металлы появились у отрицательного полюса.

3. Объясните, почему выдерживаемое вино медленно приобретает букет, пользуясь мыслью, что реакциям нужно время.

Подсказка: Что реагирует в вине и как быстро при обычной температуре?

Ответ: Молодое вино содержит кислоты и спирт по отдельности. Пока его хранят, они реагируют путём двойного разложения, давая воду и душистые сложные эфиры, но при обычной температуре эта обратимая реакция идёт медленно, с ограниченной скоростью, поэтому букет появляется лишь со временем.