

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

Ничто не исчезает

Газы, которых не видно

Двенадцать дней с ртутью

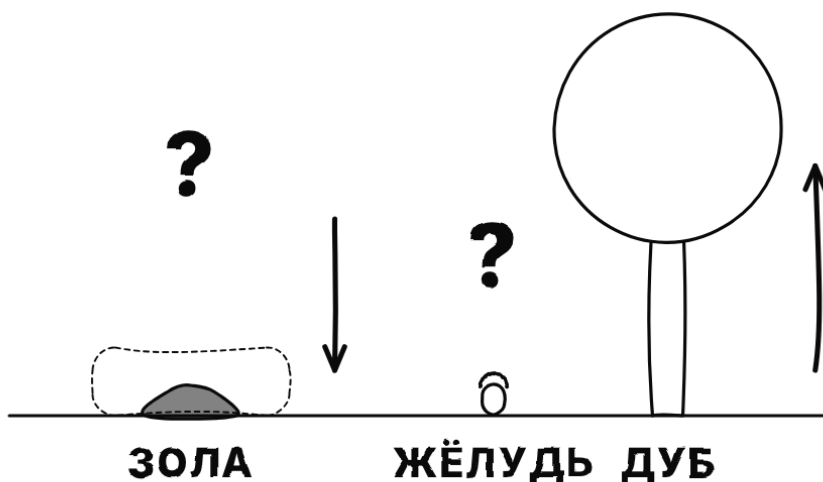
Что удерживает вещества вместе

Окно температуры

Наполовину врозь

Ничто не исчезает

Представьте полено, которое горит в камине зимним вечером. Через час тяжёлый кусок дерева превратился в маленькую серую горстку золы, которая уместится на ладони. А теперь представьте жёлудь, который легче монеты, но за свою жизнь становится дубом весом во много тонн. В первом случае вещество будто исчезает, а во втором будто берётся из ничего. Веками люди, глядя на такие картины, именно так и думали, и Менделеев открывает свой великий учебник тем, что показывает, почему они ошибались.



Вещество будто появляется и исчезает

Он начинает с того, чем занимается химия. Физика уже научилась описывать тяготение, теплоту, свет и электричество, но внутри любого вещества действовало ещё что-то. Скрытые силы, незаметные в обычной жизни, пробуждаются, когда одно вещество превращается в другое. Химия, по его словам, изучает однородные вещества, из которых сложены все тела мира, их превращения друг в друга и явления, которые эти превращения сопровождают. Такое превращение называется химической реакцией, и оно происходит только при самом тесном соприкосновении веществ, вплоть до мельчайших невидимых частиц, молекул.

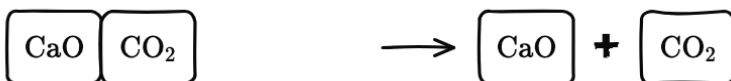
Затем Менделеев делит реакции на три главных вида. Первый вид — соединение, когда из двух веществ получается одно. Нагрейте железные опилки вместе с серой, и получится новое вещество, сернистое железо. До нагревания железо можно вытянуть магнитом, а серу оставить; после ни магнит, ни микроскоп их уже не разделят. Соединение обычно идёт с выделением тепла, и обычное горение — одно из таких соединений: топливо соединяется с частью воздуха, которую называют кислородом. Газовое пламя под вашим чайником — именно такая реакция: газ соединяется с кислородом и выделяет тепло, от которого закипает вода.

СОЕДИНЕНИЕ



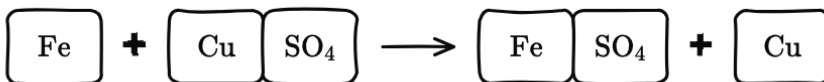
ТЕПЛО НАРУЖУ

РАЗЛОЖЕНИЕ



ТЕПЛО ВНУТРЬ

ОБМЕН



Три вида реакций

Второй вид — разложение, обратный случай: одно вещество распадается на несколько. Нагрейте дерево без доступа воздуха, и оно даст горючий газ, водянистую жидкость, дёготь и уголь; так на заводах когда-то в больших количествах получали светильный газ и древесный уголь. Сильно нагрейте мел, известняк или мрамор, и останется известь, а выделится газ, углекислый газ. Если соединение обычно выделяет тепло, то разложение обычно его поглощает. Разрыхлитель в тесте действует похоже: в горячей духовке он разлагается и выделяет углекислый газ, который поднимает тесто.

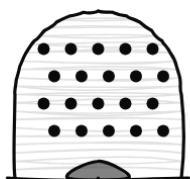
Третий вид — обмен: два вещества встречаются, и выходят два новых. Опустите железный гвоздь в синий раствор медного

купороса, и гвоздь скоро покроется красной медью, а раствор постепенно позеленеет, потому что железо заняло место меди. Менделеев называет это замещением, или двойным разложением, и отмечает, что именно так железо покрывают медью, а медь серебром. Серебряное покрытие дешёвой ложки и медный слой на заводской печатной плате держатся на той же мысли: один металл занимает место другого.

Почему наука об этих превращениях появилась так поздно, если люди пользовались ими тысячи лет? Менделеев называет две причины. Во-первых, большинство настоящих процессов, в природе и в промышленности, — это клубок многих соединений, разложений и обменов, идущих одновременно. Во-вторых, и это важнее, во многих реакциях участвуют газы, прежде всего воздух, а газы невидимы. Лишь в шестнадцатом и семнадцатом веках люди поняли, что воздух и другие газы имеют вес. До тех пор газы ускользали из любого подсчёта, и казалось, что вещество то появляется, то исчезает.

Вернёмся к горящему полену. Если бы можно было собрать весь дым и взвесить его, оказалось бы, что газы весят больше, чем весило дерево, потому что дерево соединилось с частью воздуха. Жёлудь вырастает в дуб, забирая газы из воздуха и воду с растворёнными веществами из почвы. Вода, высохшая из мокрого белья, тоже не пропадает: она возвращается дождём, росой и снегом. Вещество лишь меняет место и форму; оно никогда не создаётся и не уничтожается.

ЗОЛА + ГАЗЫ



ЛАВУАЗЬЕ

ГИРИ

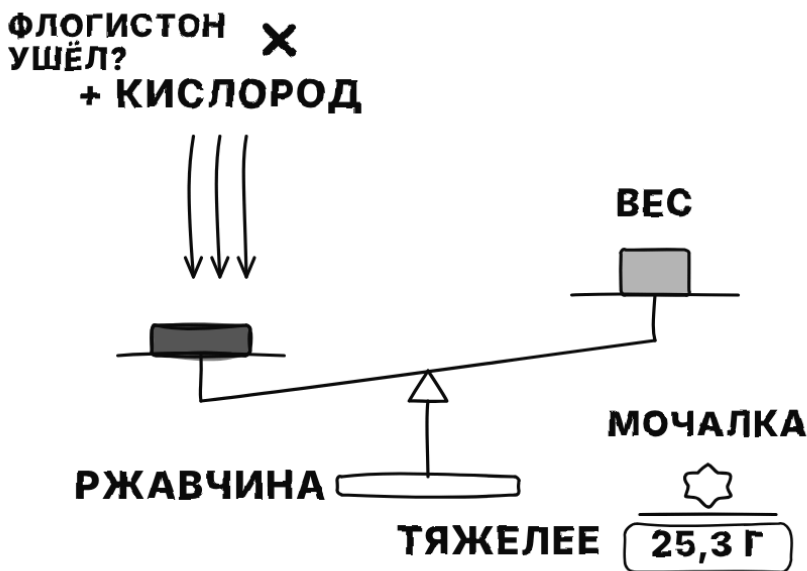


ДО = ПОСЛЕ

Лавуазье взвешивает всё

Эту истину во второй половине восемнадцатого века утвердил французский химик Антуан Лавуазье, и его инструментом были весы. Он взвешивал каждое исходное вещество, даже сосуды, а потом взвешивал всё, что получилось. Каждый раз общий вес после реакции равнялся общему весу до неё. Это закон сохранения вещества, и Менделеев настаивает, что изучающий химию должен усвоить его, прежде чем идти дальше. Он же даёт каждой реакции уравнение: сколько вошло, столько и вышло, так что неизвестный вес можно найти по остальным, а если суммы не сходятся, значит, что-то упущено. Чтобы почувствовать эту мысль, хватит кухонных весов: что бы вы ни смешали в закрытой банке, банка потом весит столько же.

Первый пример Менделеева — ржавчина. Железо, ржавеющее во влажном воздухе, или железо, нагретое до тёмной окалины, становится тяжелее, а не легче. Лишний вес даёт кислород воздуха: в пустоте, в водороде или в азоте железо не ржавеет и окалины не образует. Значит, окалина сложнее железа; это соединение. До Лавуазье думали наоборот, будто из железа что-то ушло, воображаемое вещество, которое называли флогистоном. Весы показывают, что к железу что-то присоединилось, а не ушло из него.



Ржавое железо тяжелеет

Подробности примеров Менделеева и история старой идеи флогистона остаются для следующей части.

Опыт

Положите кусок стальной мочалки на кухонные весы, показывающие десятые доли грамма, и запишите её вес. Слегка смочите её, оставьте на несколько дней, пока она не станет рыжей от ржавчины, потом хорошо высушите и взвесьте снова. Она станет чуть тяжелее, а не легче, потому что железо соединилось с кислородом воздуха.

Запомним

Химия изучает, как вещества превращаются друг в друга в реакциях между их мельчайшими частицами. Есть три главных вида реакций: соединение, разложение и обмен, при котором одно вещество занимает место другого. Химия появилась поздно, потому что во многих реакциях участвуют невидимые газы, которые люди не взвешивали. Лавуазье, взвешивая всё до и после, показал, что общий вес никогда не меняется: вещество не создаётся и не уничтожается. Вот почему ржавеющее железо тяжелеет: оно забрало кислород из воздуха.

Вопросы

1. Почему люди долго верили, что горение дерева уничтожает вещество?

- a. Потому что зола действительно весит меньше, чем исходное дерево вместе с израсходованным воздухом
 - b. Потому что газы, уходящие с дымом, невидимы, и их никогда не взвешивали
 - c. Потому что огонь превращает часть дерева в тепло, у которого нет веса
 - d. Потому что дерево — смесь, а смеси при нагревании теряют вес
2. Железный гвоздь оставили во влажном воздухе, пока он не заржавел. Что покажут весы и почему?
- a. Он легче, потому что ржавчина — это железо, из которого что-то ушло
 - b. Он весит столько же, потому что вещество не создаётся и не уничтожается
 - c. Он тяжелее, потому что железо соединилось с кислородом воздуха
 - d. Он легче, потому что часть железа осыпалась пылью
3. Нагретые железные опилки и сера превращаются в вещество, которое не разделит никакой магнит. Какой это вид реакции?
- a. Соединение, потому что из двух веществ получилось одно новое
 - b. Разложение, потому что тепло дробит железо на мелкие кусочки
 - c. Замещение, потому что сера занимает место железа
 - d. Это вовсе не реакция, потому что они лишь очень тонко перемешаны

4. Если веса до и после опыта не дают одинаковой суммы, какой вывод должен сделать химик?
- а. Что в реакции часть вещества действительно уничтожилась
 - б. Что какое-то участвующее вещество, часто газ, не попало в подсчёт
 - с. Что реакция выделила тепло, и оно унесло часть веса
 - д. Что закон верен только для реакций между твёрдыми телами

Ответы

1. **б)** Дерево соединяется с частью воздуха и уходит в виде невидимых газов; если их собрать и взвесить, они окажутся тяжелее дерева.
2. **с)** Ржавление — это соединение: железо забирает кислород из воздуха, поэтому ржавчина весит больше, чем одно железо.
3. **а)** После нагревания они соединились в сернистое железо, одно новое вещество, в котором ни одного из них отдельно не найти.
4. **б)** Раз вещество никогда не создаётся и не уничтожается, несходящиеся суммы означают, что что-то упущено.

Разобранные примеры

Как найти недостающий вес Кусок железа весом 56 граммов нагревают на воздухе, пока он целиком не покроется окалиной, и теперь весь кусок весит 72 грамма. Сколько воздуха участвовало в реакции?

Вещество не создаётся и не уничтожается, поэтому вес того, что вошло, равен весу того, что вышло.

Вошли железо и та часть воздуха, которая к нему присоединилась; вышло железо с окалиной.

Значит, присоединившийся воздух весит разницу: 72 грамма минус 56 граммов.

Получается 16 граммов, и всё это кислород, взятый из воздуха.

Ответ: 16 граммов кислорода

Задачи

1. Семечко весом меньше грамма вырастает в дерево весом в несколько тонн. Объясните с помощью закона сохранения вещества, откуда взялся вес дерева.

Подсказка: Подумайте, что растение берёт из окружающей среды, над землёй и под землёй.

Ответ: Вес не возник из ничего. Дерево берёт листьями газы из воздуха, а корнями воду с растворёнными веществами из почвы и строит из них своё тело. В газе без питательной части воздуха растение не растёт, а погибает.

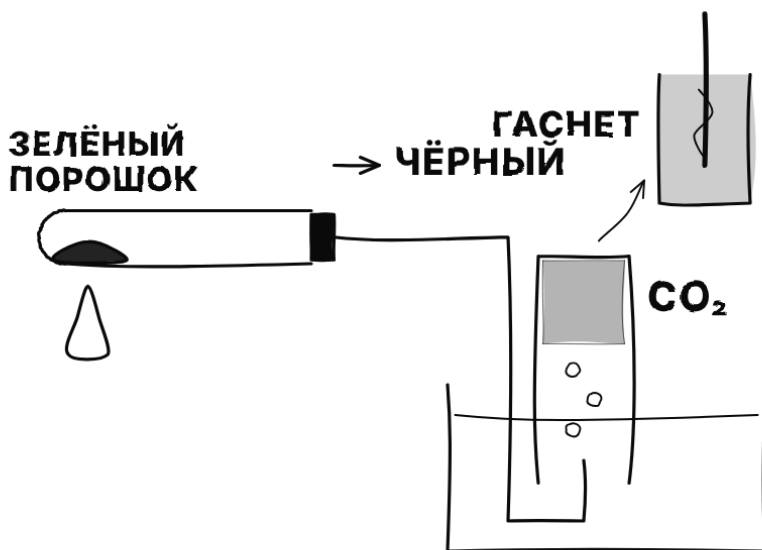
2. Железный гвоздь кладут в синий раствор медного купороса. Скоро он покрывается медью, а раствор зеленеет. Какой это вид реакции и почему это не простое соединение?

Подсказка: Посчитайте, сколько веществ вошло и сколько вышло.

Ответ: Это замещение, или обмен: вошли два вещества, железо и медный купорос, и вышли два, медь и железный купорос. Железо заняло место меди, так что это не одно вещество из двух.

Газы, которых не видно

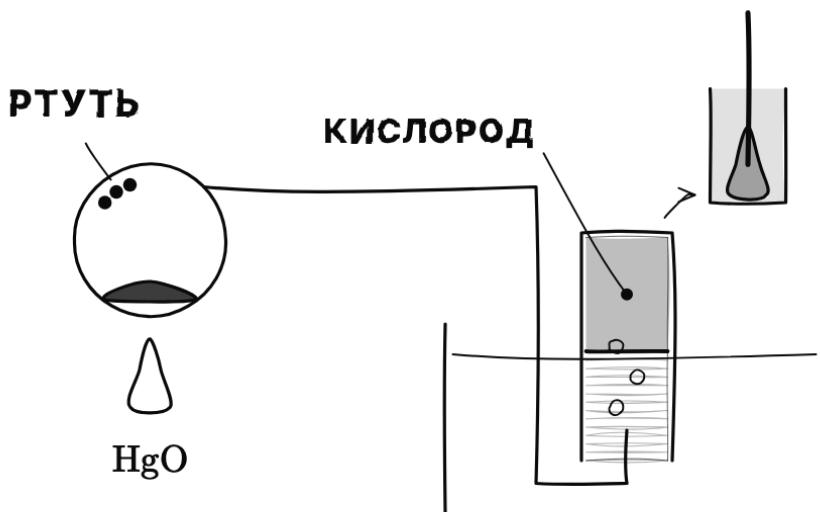
Возьмите ложку ярко-зелёного порошка, того самого вещества, которое придаёт цвет зелёному камню малахиту, и нагрейте его в стеклянной трубке. Прямо на глазах он чернеет. Взвесьте чёрный порошок, и он окажется легче, чем был зелёный. По закону, с которым мы познакомились в первой части, ничто не может просто исчезнуть, значит, что-то вышло из трубки. Но ничего будто не выходит: ни дыма, ни пламени, ничего не видно.



Как поймать скрытый газ

Менделеев показывает, как это поймать. Закройте трубку плотной пробкой, проведите от пробки тонкую трубку вниз, в чашку с водой, и нагрейте снова. Теперь сквозь воду поднимаются пузырьки. Зелёный порошок, углекислая медь, распадается на чёрную окись меди и газ, углекислый газ, прозрачный и бесцветный, как воздух. Опустите в этот газ горящую лучинку, и она погаснет, словно её окунули в воду. А если взвесить и чёрный порошок, и газ, вместе они весят ровно столько, сколько весил зелёный порошок. Без весов, говорит Менделеев, газ легко было бы вовсе не заметить. Пузырьки в бутылке газированной воды — это тот же газ, а заводской огнетушитель пользуется им по той же причине, по какой гаснет лучинка.

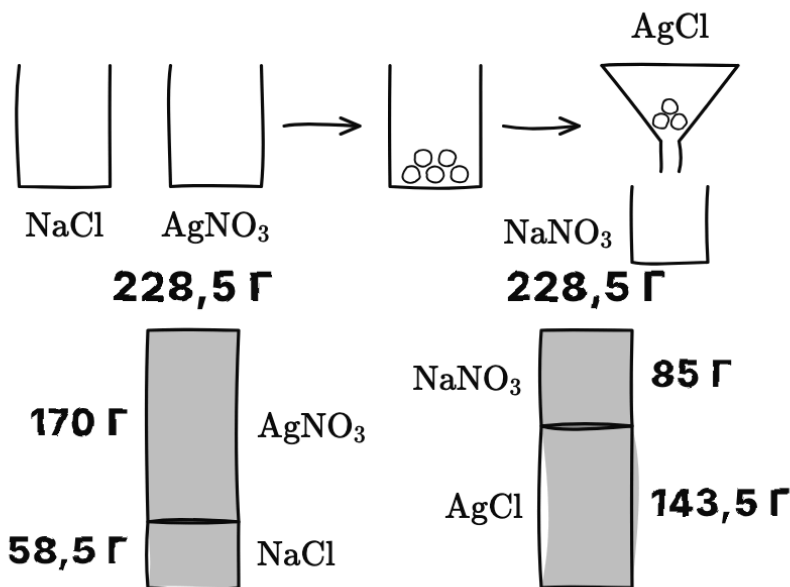
Следующий его пример — опыт, который был важнее всех во времена Лавуазье. Красный порошок, окись ртути, та окалина, что образуется при нагревании ртути на воздухе, нагревают в стеклянном сосуде, соединённом трубкой с ванной воды. Над концом трубки стоит стеклянный цилиндр, наполненный водой и перевёрнутый вверх дном, так что каждый выходящий пузырёк поднимается в него и вытесняет воду. Так химики собирают газ. Когда красный порошок нагревается, на холодном стекле собираются блестящие капли металлической ртути, а в цилиндр пузырьками идёт газ. Поднесите к этому газу тлеющую лучинку, которая в обычном воздухе просто погасла бы, и она вспыхнет ярким пламенем. Этот газ — кислород, та самая часть воздуха, которая поддерживает наше дыхание, заставляет гореть топливо и превращает металлы в ржавчину и окалину. Значит, красный порошок разложился на две вещи: ртуть и кислород.



Окись ртути отдаёт кислород

Третий опыт показывает обмен, и на этот раз с числами. Растворите в воде поваренную соль, а в другом стакане — азотносеребряную соль, ляпис, которым когда-то прижигали раны. Слейте два прозрачных раствора вместе, и сразу появится белый порошок и опустится на дно. Пропустите мутную жидкость через бумажный фильтр: белый порошок, хлористое серебро, остаётся на бумаге, а в прозрачной жидкости, которая проходит насквозь, растворена новая соль, натриевая селитра. Менделеев приводит веса: пятьдесят восемь с половиной граммов соли и сто семьдесят граммов ляписа дают сто сорок три с половиной грамма хлористого серебра и восемьдесят пять граммов натриевой селитры. Обе стороны дают одни и те же двести двадцать восемь с половиной граммов, как и требует

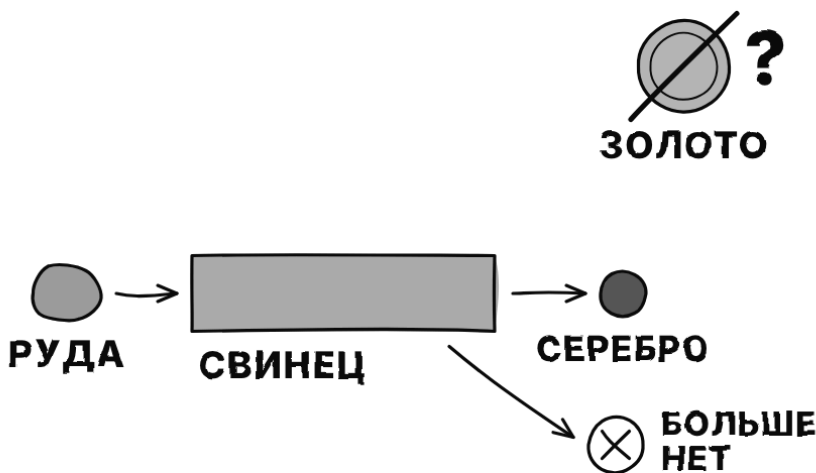
закон. Бумажный фильтр для кофе на вашей кухне делает то же, что бумажная воронка Менделеева: пропускает жидкость и задерживает твёрдое.



Обмен, а сумма та же

Убедившись, что количество вещества неизменно, Менделеев задаёт более глубокий вопрос. Можно ли превратить любое вещество в любое другое без предела, или граница есть? Это вопрос о роде вещества, а не о его количестве, и он труднее. Обыденная жизнь подсказывает разное: растения строят бесчисленные вещества из воздуха и почвы, железо можно превратить в чернила или синюю краску, но никто ещё не сделал хлеба из камня или золота из меди. Древний ответ, высказанный в Греции Эмпедоклом, был такой: всё состоит из четырёх стихий

— воздуха, воды, земли и огня. Он не был выведен из измерений; он просто назвал три состояния, газ, жидкость и твёрдое тело, и огонь, который их меняет.

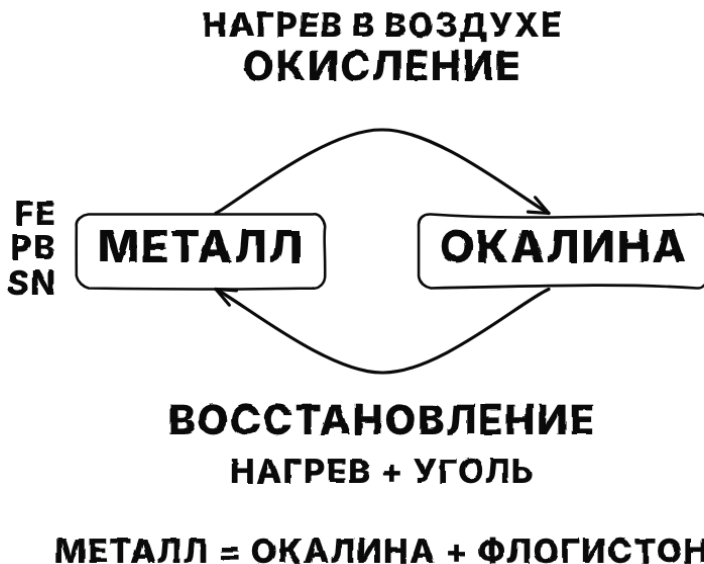


Серебро там уже было

Алхимики, перенявшие своё искусство у арабских учёных и принёсшие его в Европу через Испанию, выбрали другой ответ: превращения без конца. Они искали философский камень, который превратил бы всё в золото и вернул старым телам молодость. Менделеев к ним справедлив: их ошибка была естественной. Из блестящей серой руды они получали свинец, а из свинца серебро, и казалось, что металлы можно облагораживать шаг за шагом, а следующим должно быть золото. Если бы они взвешивали внимательно, то увидели бы,

что серебро всё время было в свинце небольшой долей и что, когда его извлекли, никакой дальнейший труд больше серебра не даст. Их вклад в химию — гора опытов; их неудача в том, что они редко взвешивали и никогда не задавали простых, ясных вопросов. Тот же урок даёт сегодняшний аффинажный завод: драгоценный металл извлекают из руды, которая его уже содержит, а не делают из более дешёвого.

Больше всего алхимиков занимали два превращения. Когда металл ржавеет или превращается в огне в окалину, он окисляется; когда металл снова получают из этого землистого порошка, он восстанавливается. Железо, свинец и олово при нагревании на воздухе покрываются окалиной и снова становятся металлом при нагревании с углём; так металлы и выплавляют из руд. Первую теорию, объяснявшую и то и другое, дали Бехер и прежде всего Георг Шталь, лейб-медик прусского короля, в тысяча семьсот двадцать третьем году. Всякое горючее тело, говорил Шталь, содержит невидимое огненное вещество, флогистон. Металл — это окалина плюс флогистон: горя или ржавея, он отдаёт флогистон, а уголь, богатый флогистоном, возвращает его. Мысль была прекрасно проста и нашла много сторонников.



Ржавление и выплавка: два пути

Здесь опущено, как шаг за шагом собирают газы, и подробная история алхимии; следующая часть ставит идею Шталя на весы.

Запомним

Многие реакции выделяют или поглощают невидимые газы, и обнаружить их можно только взвешиванием. Зелёная углекислая медь распадается на чёрную окись меди и углекислый газ, а красная окись ртути — на ртуть и кислород. Когда соль и ляпис обмениваются партнёрами, веса обеих сторон всё равно дают одну и ту же сумму. Алхимики верили, что вещество можно превращать без предела, но не взвешивали, а их серебро всё время было в свинце. Шталь объяснял ржавление и выплавку невидимым огненным веществом, флогистоном, которое металл отдаёт при горении и забирает обратно у угля.

Вопросы

1. Нагретая зелёная углекислая медь оставляет чёрный порошок, который весит меньше. Почему это не потеря вещества?
 - a. Потому что недостающий вес уходит бесцветным газом, углекислым газом, который можно поймать и взвесить
 - b. Потому что от нагрева чёрный порошок становится плотнее и лишь кажется на весах легче
 - c. Потому что недостающий вес превращается в тепло, которое пламя отдаёт трубке
 - d. Потому что часть меди испаряется и оседает на холодном стекле металлом

2. Как отличить газ от нагретой окиси ртути от обычного воздуха?
- a. Он гасит горящую лучинку, словно её окунули в воду
 - b. В нём тлеющая лучинка, которая в воздухе погасла бы, вспыхивает ярким пламенем
 - c. Он тяжелее воды и поэтому остаётся на дне цилиндра
 - d. Проходя пузырьками, он окрашивает воду в ванне в зелёный цвет
3. Почему алхимики верили, что свинец можно превратить в серебро?
- a. Потому что они взвесили серебро и нашли его тяжелее свинца
 - b. Потому что могли по желанию превратить серебро обратно в свинец
 - c. Потому что они извлекали серебро из свинца и не взвешивали, а значит, не заметили, что оно там было с самого начала
 - d. Потому что учение о четырёх стихиях доказывало, что любой металл может стать любым другим
4. Почему, по теории Штала, нагревание руды с углём возвращает металл?
- a. Потому что уголь отнимает у руды кислород
 - b. Потому что одно лишь тепло выгоняет из руды землистую часть
 - c. Потому что металл спрятан внутри угля и высвобождается

d. Потому что уголь богат флогистоном и отдаёт часть его руде

Ответы

1. a) Зелёный порошок распадается на чёрную окись меди и углекислый газ, и вместе они весят ровно столько, сколько весил зелёный порошок.
2. b) Этот газ — кислород, который поддерживает горение гораздо сильнее воздуха, поэтому тлеющая лучинка в нём вспыхивает.
3. c) Серебро было небольшой долей уже внутри свинца; тщательное взвешивание показало бы это и то, что после извлечения больше серебра не получить.
4. d) Для Штalia металл был окалиной плюс флогистон, поэтому уголь, богатый флогистоном, возвращал его землистому порошку.

Разобранные примеры

Соль и ляпис на весах Около 58,5 грамма поваренной соли и 170 граммов ляписа растворяют и смешивают. Получается 143,5 грамма нерастворимого хлористого серебра и 85 граммов натриевой селитры. Подчиняются ли веса закону сохранения вещества?

Закон говорит, что общий вес вошедшего должен равняться общему весу вышедшего; вода лишь помогает веществам двигаться и не учитывается.

Вошло: 58,5 грамма соли плюс 170 граммов ляписа, всего 228,5 грамма.

Вышло: 143,5 грамма хлористого серебра плюс 85 граммов натриевой селитры, тоже 228,5 грамма.

Суммы равны, значит, при обмене вещество не появилось и не исчезло.

Ответ: Да: по 228,5 грамма с каждой стороны

Задачи

1. В том же опыте высушили и взвесили только хлористое серебро, 143,5 грамма, и исходные вещества, 58,5 грамма соли и 170 граммов ляписа. Сколько натриевой селитры должно получиться при выпаривании прозрачной жидкости?

Подсказка: Сумма после реакции должна равняться сумме до неё.

Ответ: 85 граммов. До реакции: 58,5 плюс 170 — это 228,5 грамма; после неё хлористое серебро занимает 143,5 грамма, значит, селитры 228,5 минус 143,5, то есть 85 граммов.

2. Окись ртути нагревают, и красный порошок постепенно исчезает, оставляя лишь несколько блестящих капель ртути. Знакомый говорит, что часть вещества уничтожило тепло. Что вы ответите и как это докажете?

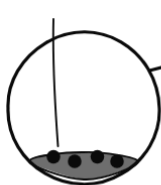
Подсказка: Подумайте, что может незаметно уходить из сосуда и как это поймать.

Ответ: Ничего не уничтожено: красный порошок разлагается на ртуть и кислород, бесцветный газ. Проведите трубку из сосуда в воду и соберите пузырьки в перевёрнутый цилиндр; тлеющая лучинка в этом газе вспыхивает, а ртуть и газ вместе весят столько же, сколько весил красный порошок.

Двенадцать дней с ртутью

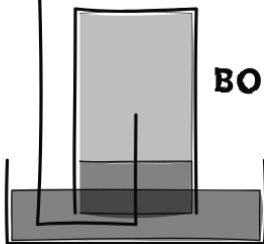
Представьте стеклянную колбу с длинным изогнутым горлом, на дне которой лежит небольшая лужица ртути. Горло изгибается вниз и снова поднимается под стеклянный колпак, стоящий в чашке со ртутью, так что определённое количество воздуха заперто и отрезано от комнаты. Небольшая печь днём и ночью, двенадцать дней подряд, держит колбу почти при температуре кипения ртути. Этот опыт Антуан Лавуазье поставил в тысяча семьсот семьдесят четвёртом году, и он решил спор между двумя картинами горения.

ОКАЛИНА



12 ДНЕЙ

**42
ДЮЙМ³**



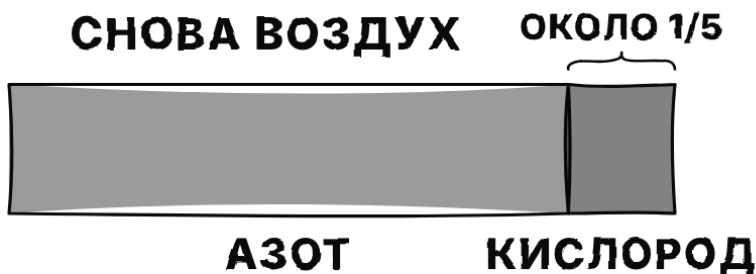
ВОЗДУХ

Двенадцать дней нагрева

Вопрос стоял остро. По теории Штала из прошлой части, металл, превращаясь в окалину, отдаёт флогистон в воздух, значит, воздух под колпаком должен что-то получить или хотя бы ничего не потерять. Лавуазье думал наоборот: металл что-то забирает из воздуха. Так что весь опыт держится на одном измерении — количестве воздуха до и после. Лавуазье измерил объём колбы, объём ртути, воздух под колпаком и даже температуру и давление, так что точно знал, сколько воздуха заперто.

День за днём на поверхности ртути нарастали красные чешуйки — та самая красная окись ртути, разложение которой мы видели в прошлой части. Когда прибор остыл, воздух под колпаком уменьшился. Из пятидесяти кубических дюймов воздуха осталось только сорок два. И вес, потерянный воздухом, в точности равнялся весу, который приобрела ртуть. Значит, в воздух ничего не выделилось; часть воздуха соединилась со ртутью.

Воздух, оставшийся под колпаком, был странным. Он не превращал никакой металл в окалину и не поддерживал ни горения, ни дыхания. Зажжённая лучинка, опущенная в него, тут же гасла, по словам самого Лавуазье, словно её окунули в воду. Этот оставшийся газ — азот; часть, соединившаяся со ртутью, — кислород, который, как мы видели, можно снова выгнать из красных чешуек. Смешайте их снова, и опять получится обычный воздух. Значит, воздух вовсе не одна стихия, как считало старое учение о четырёх стихиях: это смесь двух газов. Воздух, которым вы дышите у кухонного окна, — это в основном азот и примерно одна пятая кислорода, как раз та доля, которая, по наблюдению Лавуазье, исчезла под колпаком.



ВОЗДУХ СЕЙЧАС

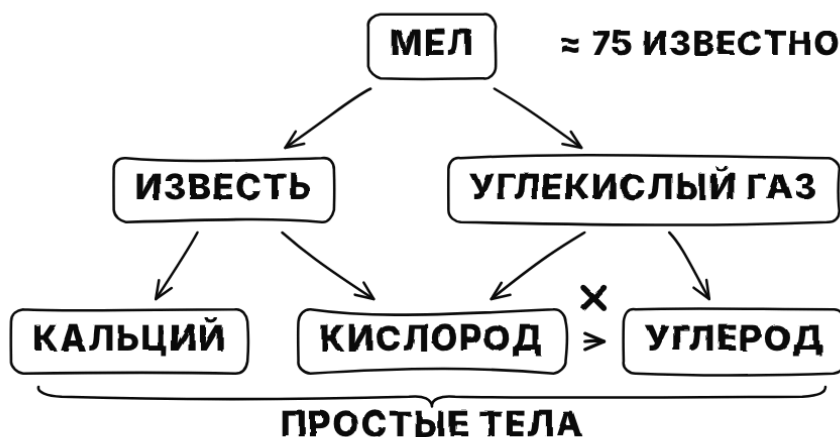


Воздух — это два газа

Вся картина Штала теперь выворачивается наизнанку. Горение и ржавление ничего не выделяют; они забирают кислород из воздуха. Окалина и ржавчина не проще металла: это металл, соединённый с кислородом. А когда уголь возвращает металл из окалина, кислород переходит от окалина к углю и образует тот самый газ, который даёт уголь, сгорая на воздухе. Значит, и этот газ — соединение, углерода и кислорода. Флогистон никогда не был нужен; весы показали, что его никогда и не было.

Отсюда Менделеев доводит мысль до самого дна. Мел при нагревании даёт известь и углекислый газ; известь и этот газ, сведённые вместе с водой, снова дают вещество, подобное мелу, значит, мел — соединение. Но углекислый газ сам состоит из

углерода и кислорода, а известь — это металл кальций, соединённый с кислородом. Продолжайте разбирать, и в конце концов дойдёте до веществ, которые никаким способом нельзя ни разложить на другие, ни составить из других. Их Лавуазье назвал простыми телами, и всякое однородное вещество либо простое, либо сложное. Во времена Менделеева достоверно знали около семидесяти пяти простых тел, а в обыденной жизни мы встречаем соединения не более двадцати пяти. Современная лаборатория или завод работают с миллионами соединений, но каждое из них построено примерно из сотни видов простых тел.

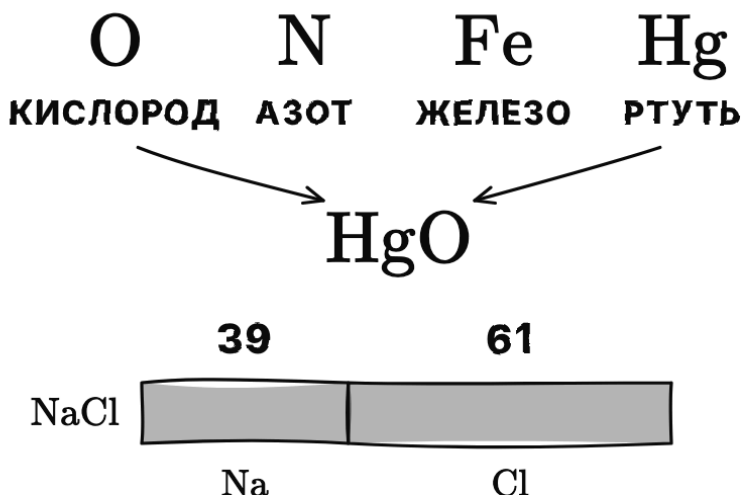


До простых тел

Никто никогда не видел, чтобы одно простое тело превратилось в другое. Здесь конец мечте алхимиков: один металл нельзя

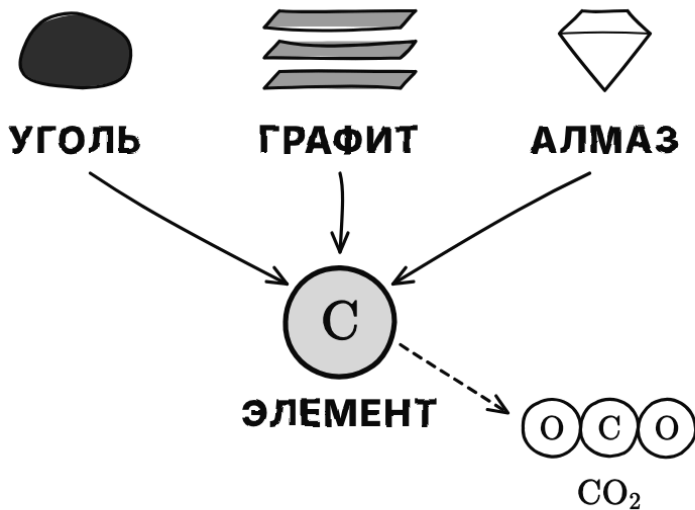
сделать из другого. Соедините это с законом, что вещество не создаётся и не уничтожается, и получится вывод острее. В каждой реакции количество каждого простого тела остаётся тем же до и после. Химия становится наукой о том, с чем и как соединено каждое простое тело до превращения и после него.

Чтобы записывать это, химики дали каждому простому телу краткий знак, одну или две буквы его латинского названия: О — кислород, N — азот, Fe — железо, Hg — ртуть. Соединение пишут, ставя знаки рядом, так что красная окись ртути — это HgO. Каждый знак означает ещё и постоянный относительный вес, вес атома, так что формула говорит не только, из чего состоит вещество, но и сколько в нём каждой части. Поваренная соль, например, на каждые сто частей по весу содержит около тридцати девяти частей натрия и шестидесяти одной части хлора. И в каждой реакции, записанной этими знаками, каждое простое тело должно весить одинаково с обеих сторон. Кухонная карточка с рецептом делает то же самое: перечисляет продукты и по их количеству показывает, сколько чего окажется в пироге.



Знаки, формулы, веса

Напоследок тонкое, но глубокое различие. В красной окиси ртути нет блестящей жидкой ртути, нет и газа кислорода. В ней есть то вещественное, что составляет эти два тела, — Менделеев называет это элементами ртути и кислородом, — так, как пар содержит вещество льда, но не сам лёд, а хлеб содержит вещество зерна, но не само зерно. Простое тело — это настоящая вещь, которую можно взять в руки; элемент — то, что сохраняется во всех его соединениях и видах. Лучше всего это видно на углероде: уголь, графит и алмаз — три совсем разных простых тела, но элемент один, углерод, и в углекислом газе нет ни угля, ни графита, ни алмаза, только углерод. Фтор признали элементом по его соединениям задолго до того, как кто-нибудь получил в руки сам этот газ.



Один элемент, много видов

Здесь опущены подробности измерений Лавуазье и веса атомов, которые книга приводит в таблицах.

Запомним

Лавуазье двенадцать дней нагревал ртуть в замкнутом объёме воздуха и обнаружил, что воздух уменьшился, а его потерянный вес равен прибавке ртути. Горение и ржавление забирают кислород из воздуха; они не выделяют флогистона, а воздух — смесь кислорода и азота.

Разложение веществ заканчивается простыми телами, которые нельзя разложить или превратить друг в друга. Поэтому в каждой реакции количество каждого простого тела остаётся тем же, и как раз это позволяют записать химические знаки и формулы. Элемент — это вещественное начало, которое сохраняется во всех соединениях и видах вещества, как углерод в угле, графите, алмазе и углекислом газе.

Вопросы

1. Почему уменьшение воздуха под колпаком говорило против теории флогистона Штала?
 - a. Потому что флогистон должен был выделиться в воздух, и воздух не должен был ничего потерять
 - b. Потому что жар печи должен был уничтожить флогистон и оставить воздух неизменным
 - c. Потому что флогистон тяжелее воздуха и должен был опуститься в ртуть

- d. Потому что по теории ртуть вообще не может превращаться в окалину
2. Что опыт Лавуазье показал о самом воздухе?
- a. Что воздух — одна стихия, которую металлы медленно поглощают
 - b. Что воздух — смесь: кислород, соединяющийся со ртутью, и азот, не поддерживающий ни горения, ни дыхания
 - c. Что воздух при долгом нагревании превращается в азот
 - d. Что в воздухе есть флогистон, который забирает ртуть
3. Почему химик может быть уверен, что реакция заканчивается с тем же количеством железа, с каким началась?
- a. Потому что железо — металл, а металлы никогда не расходуются
 - b. Потому что железо всегда остаётся в осадке на дне
 - c. Потому что железо — простое тело: его нельзя уничтожить, создать или превратить в другое
 - d. Потому что вес кислорода всегда равен весу железа
4. Уголь, графит и алмаз совсем не похожи друг на друга. В каком смысле они одно и то же?
- a. Это три вида одного соединения углерода с кислородом
 - b. Это одно и то же простое тело, только разной чистоты
 - c. Это три соединения, в каждом из которых есть немного алмаза

d. Это разные простые тела, но состоят они из одного элемента, углерода

Ответы

1. a) По Шталю металл отдаёт флогистон в воздух; вместо этого часть воздуха исчезла, а её вес обнаружился в ртути.
2. b) Одна часть соединилась со ртутью, и её можно снова выгнать в виде кислорода; остаток, азот, гасил пламя, а смесь двух даёт обычный воздух.
3. c) Вещество не создаётся и не уничтожается, а простое тело никогда не превращается в другое, поэтому каждое сохраняет своё количество в любой реакции.
4. d) Простое тело — вещь, которую можно взять в руки; элемент — вещественное начало, сохраняющееся во всех её видах и соединениях, здесь это углерод.

Разобранные примеры

Сколько натрия в соли Поваренную соль записывают NaCl . Атомный вес натрия 23, хлора 35,5. Какую долю соли по весу составляет натрий и какую хлор?

Формула показывает один вес натрия и один вес хлора, так что в соли 23 части натрия на 35,5 части хлора.

Вместе это 23 плюс 35,5, то есть 58,5 части.

Доля натрия — 23 из 58,5; умноженная на 100, это около 39,3 процента.

Доля хлора — остальное, 35,5 из 58,5, около 60,7 процента.

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

Какую долю воздуха забрала ртуть В опыте Лавуазье со ртутью было заперто 50 кубических дюймов воздуха, а через двенадцать дней осталось только 42. Какая часть воздуха соединилась со ртутью?

Исчезнувший воздух соединился со ртутью в виде кислорода, значит, это разница между «до» и «после».

50 минус 42 — это 8 кубических дюймов.

Как доля исходного воздуха, 8 из 50 — это 16 из 100.

Значит, примерно одна шестая запертого воздуха ушла в красные чешуйки.

Ответ: 8 кубических дюймов, около 16 процентов воздуха

Задачи

1. С теми же весами, натрий 23 и хлор 35,5, сколько граммов натрия содержится в 117 граммах поваренной соли?

Подсказка: Сначала найдите, какую часть веса соли составляет натрий.

Ответ: 46 граммов. В соли 23 части натрия на каждые 58,5; 117 граммов — это дважды 58,5, значит, в них дважды 23, то есть 46 граммов натрия.

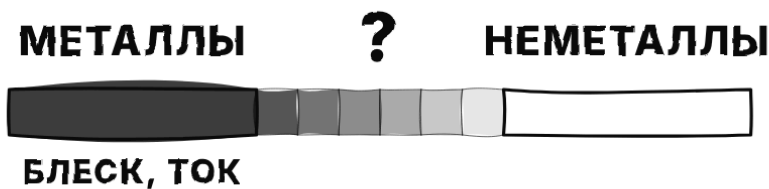
2. Кто-то говорит: «Красная окись ртути содержит жидкую ртуть и газ кислород, просто плотно упакованные вместе». Что здесь неверно и как сказал бы Менделеев?

Подсказка: Подумайте о разнице между простым телом, которое можно взять в руки, и элементом.

Ответ: В окиси нет ни жидкой ртути, ни газа кислорода. В ней есть элементы ртуть и кислород, вещественное начало этих простых тел, которые можно снова из неё получить, — так пар содержит вещество льда, но не сам лёд.

Что удерживает вещества вместе

Зажгите спичку и поднесите её к кучке серы, и она загорится синим пламенем. Кусочек калия при нагревании вспыхивает на воздухе ещё яростнее. А теперь дайте им сначала соединиться и попробуйте поджечь то, что получилось. Оно не горит на воздухе, как каждая из его частей. Что-то, что несли в себе сера и калий, ушло, и Менделеев хочет, чтобы мы увидели, куда.



Два огня — а огня нет

Сначала он даёт примерную карту простых тел. Многие из них блестят, не пропускают свет, куются и хорошо проводят тепло и

электричество. Это металлы, а их смеси друг с другом — сплавы. Остальные, без этих признаков, он называет металлоидами; сегодня мы сказали бы — неметаллы. В ясных случаях эти две группы легко различить, но многие простые тела стоят посередине, так что деление полезно, но не точно.

Когда Менделеев писал, было признано около восьмидесяти простых тел, хотя с полдюжины из них были так редки, что о них мало что знали. Лишь немногие составляют обычные вещи вокруг нас. Его список самых распространённых короток: водород в воде и в живых существах, углерод в живых существах, каменном угле и известняке, азот в воздухе и кислород, самый обильный из всех, — в воздухе, воде и горных породах. Затем идут натрий в поваренной соли, магний в морской воде, алюминий в глине, кремний в песке, фосфор в костях, сера в колчедане и гипсе, хлор в соли, калий в золе растений, кальций в известняке и железо в почве, рудах и в нашей собственной крови. Второй список — вещества, которыми пользуются в быту и промышленности: медь, цинк, серебро, олово, свинец, золото, платина и ртуть, йод для медицины, никель для покрытий и другие. Оглянитесь на кухне, и вы найдёте большую часть первого списка: соль на столе, воду в кране, алюминиевую фольгу в ящике, железо в сковороде.

Две новые группы завершают его обзор. Уильям Рамзай нашёл семейство газов, спрятанных в небольших количествах в воздухе, — гелий, неон, аргон, криптон и ксенон, — которые ни с чем не удавалось соединить. И были причины признать металлы радий, полоний и актиний, найденные в ничтожных следах в рудах урана и тория; радий открыла Мария Кюри. Свет далёких звёзд, добавляет Менделеев, показывает и там водород, натрий, магний

и железо, так что одни и те же простые тела наполняют вселенную. Почему одних так много, а других так мало, признаёт он, пока не знает никто. Неоновое свечение старой вывески и аргон внутри обычной лампочки — это те самые необщительные газы, поставленные на работу.

Теперь главный вопрос: что заставляет вещества соединяться и что потом удерживает их вместе? У каждого элемента свой характер. Сера легко соединяется с металлами, с кислородом, с хлором и с углеродом; золото и серебро соединяются неохотно, и многие их соединения распадаются при нагревании. Причину всего этого Менделеев называет сродством, или химическим сродством: та же сила, что толкает вещества к реакции, удерживает и её результат и придаёт ему прочность.

ТОЛЬКО МАССА

ОДНО ВЕЩЕСТВО

ТЯГОТЕНИЕ

СЦЕПЛЕНИЕ



Чем сродство не является

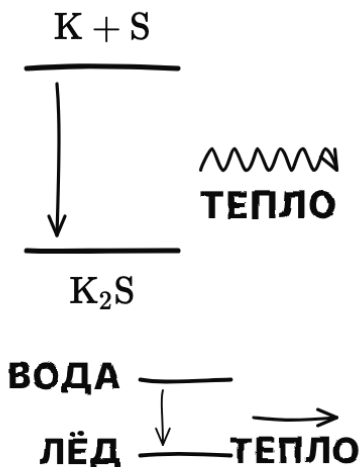
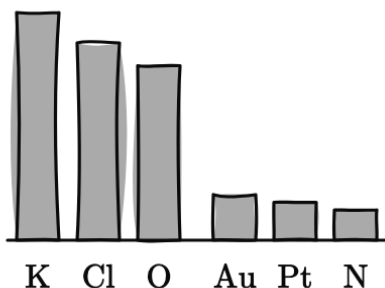
Какова же она, эта сила сродства? Некоторые учёные конца восемнадцатого века думали, что это тяготение, действующее на очень малых расстояниях. Менделеев отвечает: нет, тяготение зависит только от массы и расстояния, а сродство сильно зависит от того, что это за вещества. Это и не сцепление, которое держит вместе кристалл или каплю воды, потому что сцепление действует между частицами одного вещества, а сродство — между разными. И не липкость, из-за которой слипаются две полированные пластинки или вода смачивает стекло, потому что при химическом превращении одно вещество входит в другое и рождается новое. В начале девятнадцатого века многие отождествляли сродство с электричеством, ведь реакции дают электрический ток, а ток может разлагать соединения. Но

реакции дают и тепло, и тепло тоже может разлагать соединения; эти связи показывают лишь, что силы природы могут переходить друг в друга, а не что они одно и то же. Батарея в вашем телефоне — эта связь в действии: химическое превращение внутри неё гонит электрический ток по проводам.

Истинная природа сродства, признаёт Менделеев, так же скрыта, как природа тяготения. И всё же астрономы очень точно предсказывали движение планет, не зная, что такое тяготение, — применяя механику. Так же, надеется он, и химия может двигаться вперёд, связывая свои понятия с хорошо построенной теорией теплоты и не притворяясь, будто химические силы — это просто теплота. Эту отрасль он называет химической механикой и откладывает её до тех пор, пока читатель не узнает сами вещества.

Вот главная мысль этой части. Раз химическое превращение — это движение мельчайших частиц, а энергия никогда не теряется, только меняет форму, то каждое вещество должно нести запас химической энергии, невидимое движение, которое побуждает его к реакции. Когда реакция выделяет тепло, часть этого запаса превратилась в тепло. Когда реакция поглощает тепло, оно ушло, хотя бы отчасти, в этот запас. У калия, хлора и кислорода его очень много; у золота, платины и азота очень мало. После нескольких соединений, каждое из которых выделяет тепло, может получиться спокойное, недеятельное соединение, хотя и его ещё можно расшевелить, соединив с чем-нибудь энергичным.

ЗАПАС ЭНЕРГИИ



Запас химической энергии

Итак, вернёмся к калию и сере. Каждый из них сам по себе легко горит, но при их соединении большая часть энергии уходит теплом, и их соединение на воздухе не горит. Это как плавление и замерзание: вода поглощает тепло, чтобы растаять, и отдаёт его, замерзая, и точно так же каждое соединение, разложение или обмен меняет запас химической энергии, с выделением или поглощением тепла. Так работает грелка для рук на зимней прогулке: железный порошок, соединяясь с кислородом, отдаёт свою запасённую энергию ровным теплом.

Здесь опущены длинные таблицы редких простых тел и тонкие рассуждения о природе средства.

Запомним

Простые тела грубо делятся на металлы, которые блестят, гнутся и проводят, и неметаллы, но граница между ними размыта. Во времена Менделеева знали около восьмидесяти простых тел, но лишь горстка из них составляет большую часть земли, воздуха и живых существ. Сродство — это сила, которая заставляет вещества соединяться и удерживает их вместе; это не тяготение, не сцепление и не электричество. Каждое вещество несёт запас химической энергии, который реакция отчасти отдаёт теплом или отчасти пополняет, поглощая тепло. Вот почему калий и сера, сами по себе яростные, дают соединение, которое не горит.

Вопросы

1. Почему соединение калия и серы не горит на воздухе, хотя каждая его часть горит сама по себе?
 - a. Потому что сера покрывает калий и не пускает к нему воздух
 - b. Потому что большая часть их химической энергии уже ушла теплом, когда они соединились
 - c. Потому что соединение никогда больше не может реагировать с кислородом
 - d. Потому что соединение — металлоид, а металлоиды не горят

2. Почему химическое сродство не может быть просто тяготением, действующим на очень малых расстояниях?
- a. Потому что тяготение действует только между металлами, а сродство — между всеми веществами
 - b. Потому что на малых расстояниях тяготение гораздо сильнее сродства
 - c. Потому что тяготение зависит только от массы и расстояния, а сродство — от того, что это за вещества
 - d. Потому что тяготение ещё не было понято, когда открыли сродство
3. Реакция поглощает тепло из окружающей среды. Куда, по Менделееву, уходит это тепло?
- a. Хотя бы отчасти в запас химической энергии образовавшихся веществ
 - b. Оно уничтожается, ведь реакции оно нужно, чтобы произойти
 - c. Оно становится весом новых веществ
 - d. Оно превращается в электричество, которое уходит через сосуд
4. Почему Менделеев говорит, что деление на металлы и неметаллы полезно, но не точно?
- a. Потому что металл при нагревании превращается в неметалл
 - b. Потому что металлами вообще являются лишь немногие простые тела
 - c. Потому что металлы и неметаллы можно превращать друг в друга

d. Потому что ясные случаи различить легко, но многие простые тела стоят посередине

Ответы

1. b) Часть энергии калия и серы выделилась теплом при их соединении, и у соединения осталось слишком мало, чтобы гореть, как его части.
2. c) Сродство сильно зависит от рода вещества, а тяготение на него совсем не смотрит.
3. a) Энергия никогда не теряется, только меняет форму, так что поглощённое тепло уходит, хотя бы отчасти, в запас химической энергии.
4. d) Признаки металла ясны в резких примерах, но многие простые тела обладают лишь некоторыми из них.

Задачи

1. Реакции дают электрический ток, а ток может разлагать соединения. Почему же Менделеев отказывался сказать, что химические силы — это просто электрические?

Подсказка: Спросите себя, нет ли таких же двух связей у химии с теплотой.

Ответ: Теплота связана с химией точно так же: реакции выделяют тепло, а тепло может разлагать соединения. Такие связи показывают лишь, что силы природы могут переходить друг в друга, а не что они одно и то же, поэтому химические силы — не просто электричество.

2. Объясните своими словами, чем химическое сродство отличается от сцепления, которое держит вместе кристалл соли.

Подсказка: Подумайте, между какими частицами действует каждая сила и получается ли что-то новое.

Ответ: Сцепление действует между частицами одного и того же вещества и даёт твёрдому телу форму, твёрдость и прочность.

Сродство действует между разными веществами и заставляет одно войти в другое, так что рождается новое вещество. Обе силы действуют только на мельчайших расстояниях, поэтому у них много общего.

3. Несколько соединений подряд, каждое с выделением тепла, могут дать спокойное соединение, которое почти не реагирует. Как оно всё же может участвовать в новых реакциях?

Подсказка: Подумайте, с чем оно могло бы соединиться.

Ответ: Его собственный запас химической энергии мал, но оно может соединиться с энергичным простым телом или соединением, и новое, более сложное вещество снова сможет легко реагировать.

Окно температуры

Кусок древесного угля может годами лежать в ведре на открытом воздухе и так и не загореться. Коснитесь пламенем одного угла, пока он не раскалится докрасна, и свечение побежит дальше, сначала медленно, потом по всему куску. Кислород был рядом всё время, и стремление угля соединиться с ним тоже. Не хватало тепла. Эта часть о том, как химики изучают реакции, и об условиях, прежде всего о температуре, от которых зависит, пойдёт ли реакция вообще.

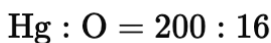
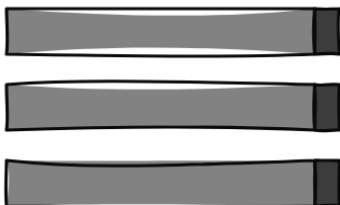


Уголь ждёт тепла

Менделеев называет пять способов изучать ход реакции. Измерять, сколько каждого вещества участвует; разделять реакции на виды; смотреть, как меняются свойства с изменением состава; следить за тем, что сопровождает реакцию, — теплом, светом и электричеством; и находить условия, которые ей нужны. Первый из них, стехиометрия, учение о весах и объёмах в реакциях, развит гораздо больше остальных. Её законы, найденные Дальтоном, Авогадро и другими, проникают во все уголки химии, и Менделеев говорит, что вся его книга подчинена им. Заводские весы, на которых для каждой партии отвешивают точные количества составных частей, — это стехиометрия в повседневной работе.

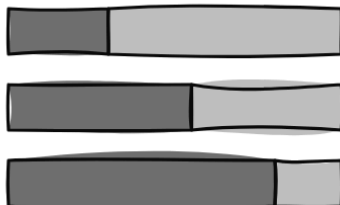
Одним из её первых плодов стал новый способ разделять соединения. Около тысяча восьмисотого года француз Пруст показал, что многие соединения всегда содержат свои составные части в одной и той же весовой пропорции, что бы вы ни делали. В красной окиси ртути, например, всегда двести частей ртути на шестнадцать частей кислорода. Сплав меди и серебра иной: можно добавить сколько угодно любого из металлов и всё равно получить однородное целое, так же как в воду можно размешать больше или меньше сахара. Значит, есть определённые соединения, с постоянными пропорциями, и неопределённые, такие как сплавы и растворы. И те и другие одинаково важны в природе и промышленности, но законы пропорций разработаны главным образом для определённых, так что неопределённые изучены хуже. Положите в чай одну ложку сахара или три — это всё равно сладкий чай; а вот состав самой воды всегда один и тот же.

ОКИСЬ РТУТИ



ОПРЕДЕЛЁННОЕ

МЕДЬ + СЕРЕБРО



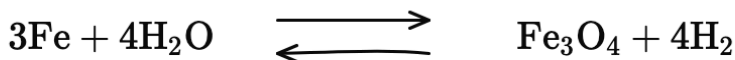
ЛЮБАЯ ДОЛЯ

НЕОПРЕДЕЛЁННОЕ

Постоянные и свободные пропорции

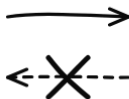
Следующее различие Менделеева — между реакциями, которые могут идти обратно, и теми, что не могут. Соль растворяется в воде, и при той же температуре раствор может снова отдать соль, когда вода испаряется. Железо при нагревании отнимает кислород у водяного пара и освобождает водород; при той же температуре водород может отнять кислород обратно у окиси железа и снова дать железо и воду. В такой обратимой реакции, с какой стороны ни начни, в конце будут присутствовать все четыре вещества вместе, в химическом равновесии. Добавьте больше одного из веществ, и равновесие сдвинется, что позволяет химикам изучать, как количества веществ управляют реакцией. А порох, напротив, сгорает в газы и дым, которые ни

при какой температуре не превратятся обратно в селитру, серу и уголь.



РАВНОВЕСИЕ

ПОРОХ



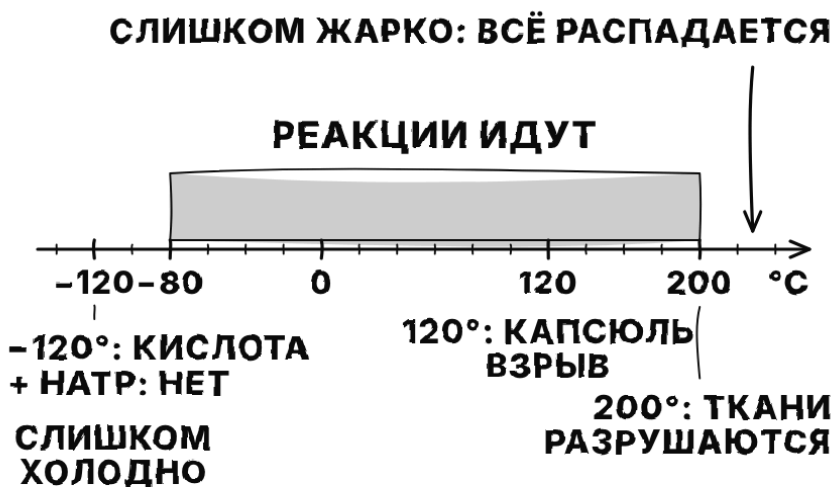
ГАЗЫ + ДЫМ

Реакции, идущие обратно

Некоторые вещества вовсе не соединяются прямо, и у химиков есть обходной путь. Хлор не реагирует ни с углём, ни с графитом, ни с алмазом, и всё же прочные соединения хлора с углеродом существуют. Их получают, действуя хлором на соединения углерода с водородом: хлор отнимает водород, а только что освободившийся углерод соединяется с новым хлором. Химики говорили, что такие вещества соединяются в момент выделения, когда встречаются в свежем, только что освобождённом состоянии.

Каждая реакция порождает ещё и тепло, свет, движение или электрический ток, и каждое из них в свою очередь может управлять реакцией. Для Менделеева это показывает, что все явления природы — формы движения, видимого или невидимого. У самой теплоты есть механическая мера: четыреста двадцать пять килограммометров работы стоят одной большой калории тепла. Динамо-машина превращает движение в ток, а та же машина, если подать на неё ток, вращается. Тот же электромотор, что крутит кухонный миксер, дал бы ток, если вращать его рукой, — это и есть обратимость, которую описывает Менделеев. Он признаёт, что настоящей теории этих связей пока нет, и оставляет их физической химии.

Что возвращает нас к углю. Кроме количеств и природы веществ, реакции нужны подходящие условия, часто далёкие от обыденных, и первое из них — температура. Горящий уголь выделяет тепло, которое нагревает следующий слой, пока тот не раскалится, и только так огонь распространяется. Соединения происходят только в определённом интервале температур. Хлор и даже поваренная соль соединяются с водой только ниже нуля; выше нуля эти соединения распадаются. Тепло помогает двумя путями: плавление или кипение сближает частицы вещества, а нагревание ослабляет сцепление, которое держит вместе частицы одного вещества.



У каждой реакции своё окно

Поднимите температуру достаточно высоко, и любое соединение распадётся. Некоторые распадаются при совсем слабом нагреве: гремучая ртуть в ружейном капсюле взрывается чуть выше ста двадцати градусов, а значительная часть тканей растений и животных разрушается около двухсот. На другом конце холод останавливает химию. Растения прекращают свою химическую работу зимой, а в тысяча восемьсот девяносто втором году Рауль Пикте, охлаждая сжиженными газами, нашёл, что ниже минус ста двадцати градусов даже серная кислота и едкий натр не реагируют, а кислота не краснит лакмус, пока не станет теплее минус восьмидесяти. Так что у каждой реакции своё окно температуры, и на раскалённом солнце или на мёрзлой луне многие знакомые нам на земле реакции идти не могут.

Холодильник работает именно на этом окне: холод замедляет реакции, которые портят еду, а духовка широко распахивает окно для выпечки.

Здесь опущены тонкие подробности законов пропорций и теория химической механики, которые Менделеев сам откладывает на потом.

Запомним

Химики изучают реакции, измеряя участвующие количества, разделяя реакции на виды, связывая свойства с составом, следя за тем, что их сопровождает, и находя их условия. Измерение количеств, стехиометрия, развито больше всего и показало, что у многих соединений пропорции постоянны, а у сплавов и растворов нет. Одни реакции идут в обе стороны и приходят в равновесие; другие, как горение пороха, никогда не идут обратно. Тепло, свет, движение и электричество и рождаются из реакций, и могут ими управлять. Каждая реакция идёт только в своём интервале температур: слишком холодно — ничто не реагирует, слишком жарко — любое соединение распадается.

Вопросы

1. Уголь годами лежит на открытом воздухе и не горит. Что это показывает?

- a. Что у угля нет сродства к кислороду воздуха
 - b. Что в окружающем воздухе слишком мало кислорода, чтобы что-нибудь горело
 - c. Что реакции нужны подходящие условия, здесь достаточно тепла, а не только подходящие вещества
 - d. Что уголь горит только тогда, когда его смелют в тонкий порошок
2. Почему сплав меди и серебра называют неопределённым соединением, а красную окись ртути — определённым?
- a. Потому что сплав можно сделать с любой долей каждого металла, а в окиси пропорция всегда одна и та же
 - b. Потому что сплав — смесь металлов, а в окиси есть газ
 - c. Потому что сплав можно разделить нагреванием, а окись нельзя
 - d. Потому что сплав делают на заводах, а окись встречается в природе
3. Железо и водяной пар при некоторой температуре дают окись железа и водород, а при той же температуре водород и окись железа дают железо и воду. Что вы найдёте, начав с любой стороны?
- a. Только окись железа и водород, потому что железо всегда забирает кислород
 - b. Только железо и воду, потому что обратная реакция сильнее
 - c. Ничего не изменится, потому что две реакции уничтожают друг друга
 - d. Все четыре вещества вместе, в химическом равновесии

4. Почему хлор и углерод могут образовать соединения, хотя хлор не реагирует ни с углём, ни с графитом, ни с алмазом?
- a. Потому что хлор реагирует с углеродом, если охладить его ниже нуля
 - b. Потому что хлор отнимает водород у соединений углерода с водородом, и только что освободившийся углерод соединяется с хлором
 - c. Потому что алмаз превращается в уголь, когда его касается хлор
 - d. Потому что хлор и углерод соединяются всякий раз, когда проходит электрический ток

Ответы

1. **c)** Кислород и стремление угля соединиться с ним были всё время; не хватало тепла, чтобы запустить реакцию.
2. **a)** В окиси всегда 200 частей ртути на 16 частей кислорода, а сплав остаётся однородным при любом количестве каждого металла.
3. **d)** В обратимой реакции оба направления идут одновременно, поэтому в итоге все четыре вещества присутствуют вместе в равновесии.
4. **b)** Углерод встречает хлор в момент выделения, в свежем состоянии, в котором он соединяется охотнее.

Разобранные примеры

Постоянная пропорция в окиси ртути Красная окись ртути всегда содержит 200 весовых частей ртути на 16 частей кислорода. Сколько ртути и сколько кислорода в 108 граммах окиси?

Пропорция постоянна, значит, в каждых 200 плюс 16, то есть 216 частях окиси, 200 частей ртути и 16 частей кислорода.

108 граммов — это ровно половина от 216.

Значит, в них половина каждого: половина от 200 — 100 граммов ртути, половина от 16 — 8 граммов кислорода.

Проверка по закону сохранения вещества: 100 плюс 8 — это 108 граммов, вес окиси.

Ответ: 100 граммов ртути и 8 граммов кислорода

Задачи

1. Сколько граммов кислорода можно выгнать из 54 граммов красной окиси ртути, если в ней 200 частей ртути на 16 частей кислорода?

Подсказка: Найдите, какую часть от 216 составляют 54.

Ответ: 4 грамма. 54 грамма — это четверть от 216, значит, в них четверть от 16 частей кислорода, то есть 4 грамма; остальные 50 граммов — ртуть.

2. По книге, 425 килограммометров работы стоят одной большой калории тепла. Сколько работы стоят три такие калории?

Подсказка: Мера постоянна, так что работа и тепло растут вместе.

Ответ: 1275 килограммометров: трижды 425. Раз теплота — форма движения, определённое количество работы всегда отвечает определённому количеству тепла.

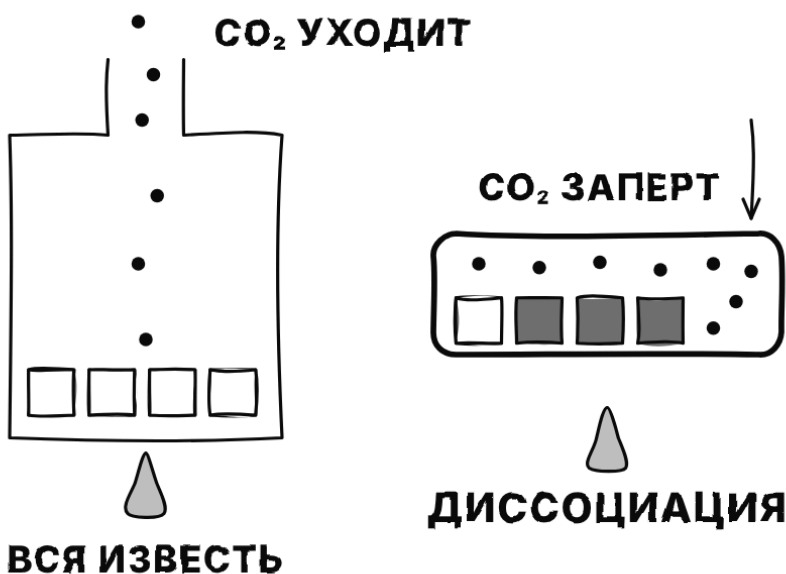
3. Рауль Пикте нашёл, что ниже минус 120 градусов даже серная кислота и едкий натр не реагируют. Объясните с помощью понятия окна температуры, почему многие знакомые на земле реакции не могли бы идти на мёрзлой луне или раскалённом солнце.

Подсказка: Подумайте, что происходит с реакциями, когда слишком холодно, и с соединениями, когда слишком жарко.

Ответ: Каждая реакция идёт только в определённом интервале температур. Слишком холодно — и даже сильные вещества перестают реагировать, как показал Пикте; слишком жарко — и любое соединение распадается. На луне и на солнце температуры лежат вне окон многих наших реакций.

Наполовину врозь

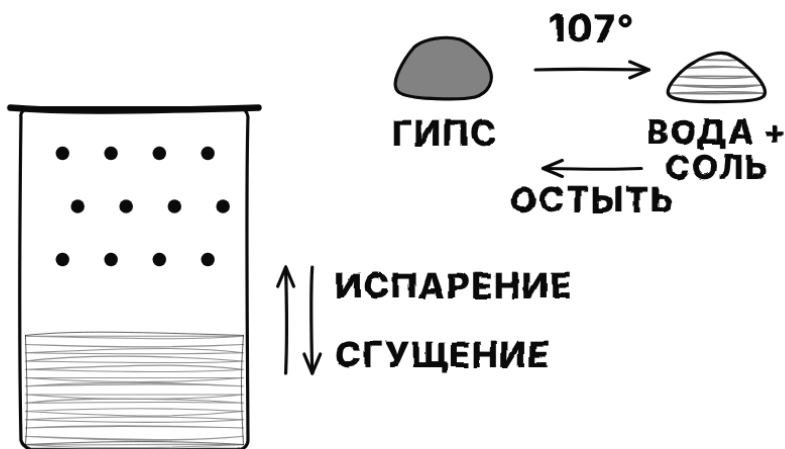
Положите кусок известняка в известковую печь, сильно раскалите её, и через несколько часов он целиком превратится в негашёную известь, а его углекислый газ уйдёт в трубу. А теперь сделайте то же самое, запаяв камень в закрытую железную трубу, вроде клёпаного ружейного ствола, о котором пишет Менделеев. Нагрейте её так же сильно, и разложится лишь часть камня. Остальное так и останется, сколько ни жди. Разница в том, что из печи газ может уйти, а из запаянной трубы не может.



Открытая печь, запаянная труба

Такое незавершённое разложение называется диссоциацией; это понятие ввёл в химию Анри Сент-Клер Девиля. Нагревайте в замкнутом пространстве соединение, которое может снова образоваться из своих же продуктов, и при некоторой температуре оно начнёт распадаться, но лишь отчасти. Поднимите температуру, и эта доля вырастет; для каждой температуры есть своё равновесие между разложившимся и неразложившимся веществом, пока наконец не распадётся всё. В запаянной трубе углекислый газ накапливается, пока его давление не достигнет наибольшей величины, возможной при этой температуре, и тогда разложение останавливается. Накачайте ещё газа, и известь с газом снова соединяются; выпустите часть газа, и камня разложится больше.

Менделеев сравнивает это с испарением воды в закрытой банке. Пар накапливается, пока его давление не станет таким высоким, какое допускает эта температура, и тогда испарение прекращается. Добавьте пара, и часть его снова стечёт в жидкость; уберите пар, и испарится больше воды. Разложение и образование встречаются в равновесии, точно так же как испарение и сгущение. Закрытая бутылка газированной воды показывает то же самое: пока крышка на месте, газ остаётся растворённым, а стоит открыть её и выпустить давление, он выходит пузырьками.



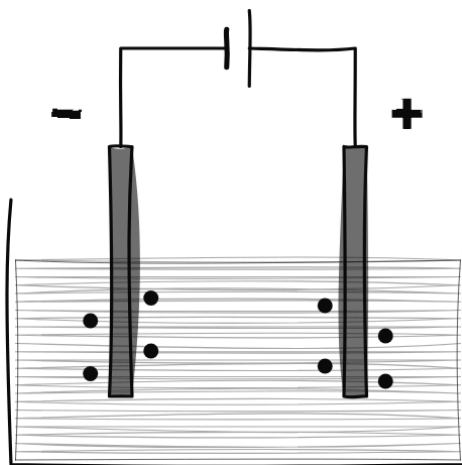
РАВНОВЕСИЕ

Равновесие, как при испарении

У некоторых превращений есть даже точная температура, как точка плавления. Природный гипс, нагретый в замкнутом пространстве, при ста семи градусах распадается в мокрую кашу: часть его воды освобождается жидкостью, и остаётся другая соль, в которой воды гораздо меньше. Ниже этой температуры гипс образуется снова. Строители пользуются этим каждый день: штукатурка стены или слепок — это гипс, который нагрели, чтобы выгнать воду, и, снова смешанный с водой, он опять схватывается в гипс.

На реакции влияет не только тепло. Электрический ток действует во многом так же: он разлагает большинство проводящих его соединений, а вблизи этих условий может и заставлять вещества

соединяться. Его большое преимущество в том, что он действует при комнатной температуре и разлагает даже самые упорные соединения. Части появляются у двух полюсов: металлы и водород у отрицательного, кислород, хлор и кислоты у положительного. Так англичанин Гемфри Дэви сделал то, чего не смог Лавуазье, и получил из их соединений металлы калий и натрий. Теперь, когда динамо-машины дают дешёвый ток, замечает Менделеев, заводы так же получают натрий и хлор. Алюминиевую фольгу в вашем кухонном ящике сегодня делают именно так, пропуская огромный ток через расплавленное соединение алюминия.



Davy: K, Na

O₂, Cl₂

Ток разлагает соединения

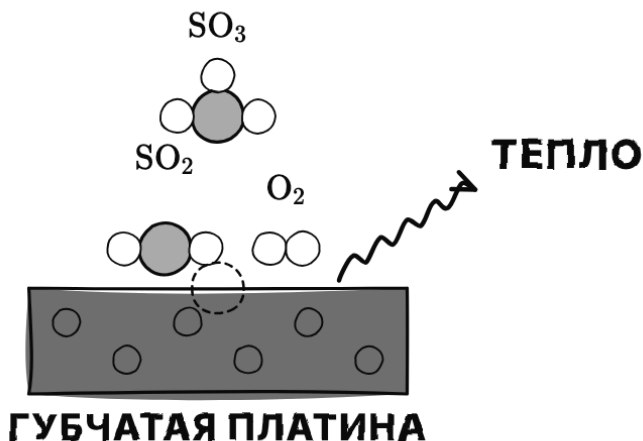
Может это и свет, хотя его толчок слаб, так что распадаются лишь непрочные соединения, вроде солей серебра, на которых держится фотография. Однако в зелёных растениях свет делает то, что даётся теплу и току с трудом: он разлагает углекислый газ и освобождает кислород, а химики времён Менделеева повторить этого не могли. Бывает достаточно и удара или трения: гремучая ртуть в ружейном капсюле взрывается от удара, а сера, растёртая с одной солью, загорается. Важно давление, особенно для газов, потому что сжатие сближает их частицы.

Важно время, потому что частицы должны добраться друг до друга, и даже тогда внутреннее превращение требует своего времени. В молодом вине рядом есть кислоты и спирт; по мере выдержки они медленно реагируют, давая воду и душистые сложные эфиры, от которых у старого вина его букет. Впрочем, большинство резких реакций, которые студент встречает первыми, идут так быстро, что временем можно пренебречь.

Наконец, соприкосновение. Чем больше точек, где вещества касаются, тем быстрее они реагируют: если долго взбалтывать серную кислоту с газом, она его поглощает, а твёрдые тела лучше всего реагируют, растёртые в тончайший порошок. На поверхности вещества его частицы притягиваются только с одной стороны, поэтому их состояние отличается от того, что в глубине, словно они теплее. Этим объясняются контактные реакции, которые вызывает одно лишь присутствие некоторых тел, особенно пористых, вроде губчатой платины и угля. Сернистый газ и кислород сами по себе не соединяются, а рядом с губчатой платиной соединяются и выделяют тепло. На этом принципе работает каталитический нейтрализатор под автомобилем:

тонкое покрытие из платиновых металлов помогает выхлопным газам реагировать.

ВЕЩЕСТВО СОХРАНЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ СОХРАНЯЕТСЯ



Губчатая платина сводит их вместе

На этом Менделеев заканчивает введение. Эти общие понятия, говорит он, обретают полный смысл, только когда мы встречаемся с самими веществами, одно за другим. Но два закона должны были идти первыми, сохранение вещества и сохранение энергии, потому что лишь имея их в руках, можно разумно и плодотворно разобраться в подробностях.

Здесь опущены точные давления диссоциации и многие другие примеры, которые Менделеев обещает развить дальше в книге.

Запомним

Диссоциация — частичное разложение: в замкнутом пространстве каждой температуре отвечает своё равновесие между разложившимся и неразложившимся веществом.

Если продукт может уйти, как углекислый газ из известковой печи, разложение доходит до конца.

Электрический ток, свет, удар, давление, время и тесное соприкосновение — всё это управляет реакциями, так же как тепло. Некоторые тела, вроде губчатой платины, вызывают реакции одним своим присутствием. Под всеми подробностями стоят два закона: вещество сохраняется, и энергия сохраняется.

Вопросы

1. Почему известняк в печи разлагается полностью, а в запаянной железной трубе при том же жаре — лишь отчасти?
 - a. Потому что железо трубы охлаждает камень и замедляет реакцию
 - b. Потому что из печи углекислый газ уходит, а в трубе накапливается и останавливает разложение
 - c. Потому что печь открыта воздуху, а для разложения известняка нужен кислород
 - d. Потому что известняк в трубе плавится, а не разлагается

2. В запаянной трубе разложение остановилось. Что будет, если при той же температуре накачать ещё углекислого газа?
- a. Известь и углекислый газ снова соединятся, и часть известняка восстановится
 - b. Разложится больше известняка, потому что газа, который его уносит, стало больше
 - c. Ничего, потому что реакция уже дошла до конца
 - d. Известь расплывётся в мокрую кашу, как гипс
3. Чем электрический ток особенно удобен для разложения соединений?
- a. Он разлагает только слабые соединения, не трогая прочные
 - b. Он заставляет все части соединения появляться у одного полюса
 - c. Он действует при комнатной температуре и разлагает даже самые упорные соединения
 - d. Ему не нужна проводящая жидкость или расплав, чтобы пройти
4. Почему на поверхности губчатой платины вещества реагируют охотнее?
- a. Потому что платина отдаёт часть себя каждому новому соединению
 - b. Потому что платина нагревает газы, сгорая в них
 - c. Потому что платина удаляет продукты, как печь удаляет углекислый газ

- d. Потому что на поверхности частицы притягиваются только с одной стороны, и их состояние меняется, как при нагревании

Ответы

1. b) В закрытой трубе газ накапливается, пока его давление не станет наибольшим для этой температуры, и тогда разложение останавливается; из печи он просто уходит.
2. a) Как пар, добавленный в закрытую банку, лишний газ сдвигает равновесие назад, и часть продуктов снова соединяется.
3. c) В отличие от тепла, ток разлагает соединения при обычной температуре; так Дэви и получил калий и натрий.
4. d) На поверхности пористого тела состояние соприкасающихся веществ меняется, как от повышения температуры, поэтому они реагируют при касании.

Разобранные примеры

Сколько воды отдаёт гипс При 107 градусах в замкнутом пространстве гипс распадается в кашицу: три четверти его воды освобождаются жидкостью, а остаётся соль с остальной водой. В куске гипса 20 граммов воды. Сколько воды освободится и сколько останется в соли?

Книга говорит, что при этой температуре три четверти воды освобождаются жидкостью.

Три четверти от 20 граммов — это 15 граммов.

Остальное, одна четверть, остаётся связанным в новой соли: 20 минус 15 — это 5 граммов.

Ниже 107 градусов вода и соль снова образуют гипс, так что превращение идёт в обе стороны.

Ответ: 15 граммов освобождаются жидкостью, 5 граммов остаются в соли

Задачи

1. С помощью сравнения Менделеева с испарением воды в закрытой банке объясните, почему запаянный в трубе известняк перестаёт разлагаться при данной температуре и что произойдёт, если выпустить газ.

Подсказка: Что останавливает испарение в закрытой банке и что запускает его снова?

Ответ: В банке пар накапливается, пока его давление не станет наибольшим для этой температуры, и испарение прекращается; если убрать пар, испарится больше воды. Так же и углекислый газ в трубе достигает упругости диссоциации, и разложение останавливается; если выпустить газ, давление падает, и известняка разлагается больше.

2. В молодом и в старом вине сначала одни и те же кислоты и спирт. Почему у старого вина есть букет, которого нет у молодого, и что это говорит о реакциях?

Подсказка: Подумайте, как быстро идёт именно эта реакция при обычной температуре.

Ответ: Кислоты и спирт медленно реагируют, давая воду и душистые сложные эфиры, но при обычной температуре это занимает много времени. Это показывает, что, кроме соприкосновения, реакции нужно своё время, и некоторые реакции идут так медленно, что время имеет значение.