

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

Куда девается полено?

Весы как сыщик

Двенадцать дней с колбой ртути

Кирпичики, которые никогда не меняются

Переключки простых тел

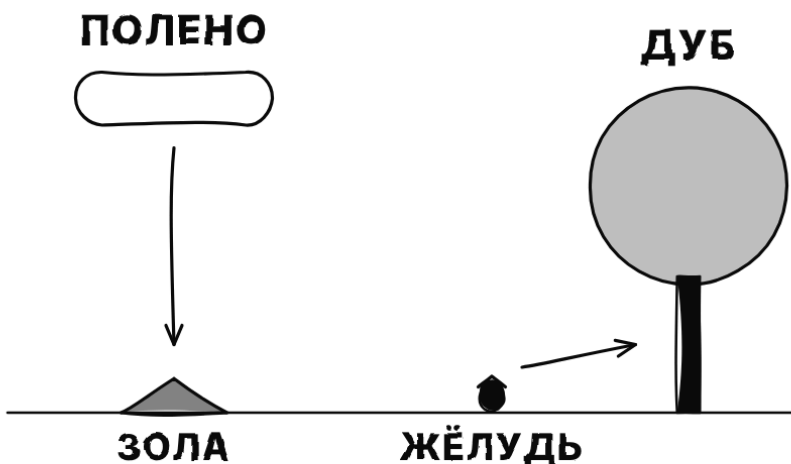
Энергия, запасённая в веществах

Решают жар и ток

Свет, удар, время и соприкосновение

Куда девается полено?

Положите полено в костёр и вернитесь через час. Там, где лежало тяжёлое полено, осталась лишь горстка серой золы. А теперь подумайте о жёлуде, который так лёгок, что его сдует с ладони, а через много лет он становится дубом тяжелее автомобиля. В огне вещество будто исчезает, в дереве будто появляется ниоткуда. Менделеев начинает свою великую книгу о химии с того, что показывает: оба впечатления нас обманывают, и именно умение увидеть их насквозь сделало химию наукой.

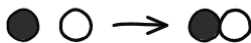


Сгорело в огне, выросло в дереве?

Что изучает химия? По словам Менделеева, её ближайший предмет — однородные вещества, из которых сделаны все тела мира, их превращения друг в друга и то, что при этом происходит. Такое превращение называется реакцией. Реакции нужно теснейшее соприкосновение: вещества должны действительно касаться друг друга, вплоть до мельчайших невидимых частиц, которые Менделеев называет молекулами. Физика уже знала тяготение, сцепление, теплоту, свет и электричество. Химии пришлось добавить новое: силы, скрытые внутри этих крошечных частиц, молчащие в обычной жизни, но явно действующие всякий раз, когда одно вещество становится другим.

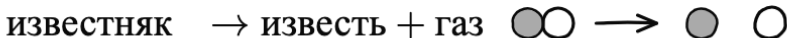
Менделеев называет три главных вида реакций. Первый — соединение, когда два вещества становятся одним. Смешайте железные опилки с жёлтым порошком серы: магнит ещё может вытянуть железо, значит, это только смесь. Нагрейте её, и смесь раскаляется и превращается в тёмное новое вещество, сернистое железо, где никакая лупа уже не найдёт ни железа, ни серы. Соединения обычно выделяют тепло, и обычное горение — одно из них: топливо соединяется с частью воздуха, называемой кислородом. Синее пламя под вашим чайником — реакция такого рода: газ соединяется с кислородом и отдаёт тепло, которое кипятит воду.

СОЕДИНЕНИЕ



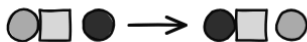
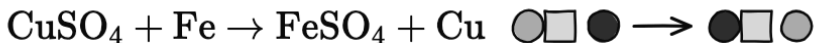
ЖЕЛЕЗО + СЕРА → СЕРНИСТОЕ ЖЕЛЕЗО

РАЗЛОЖЕНИЕ



ГАЗ — УГЛЕКИСЛЫЙ

ЗАМЕЩЕНИЕ



Три вида реакций

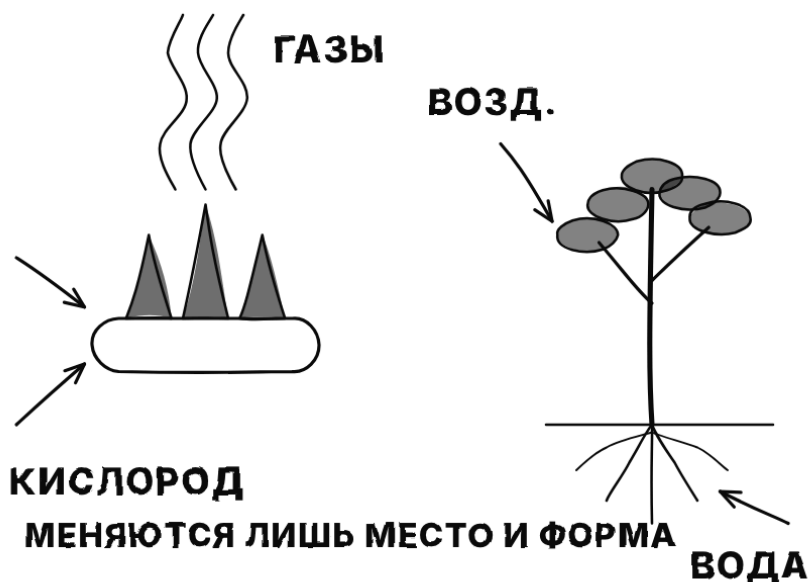
Второй вид — разложение, обратное соединению: одно вещество распадается на несколько. Сильно нагрейте дерево без доступа воздуха, и оно даст горючий газ, водянистую жидкость, дёготь и уголь; когда-то заводы именно так получали уголь и светильный газ. Известняк, мел и мрамор при сильном нагревании оставляют известь и выделяют газ, углекислый газ. Разложения обычно поглощают тепло, а не выделяют его. Печь цементного завода должна жечь топливо днём и ночью, потому что расщепить известняк на известь и газ стоит тепла.

Третий вид лежит посередине: веществ выходит столько же, сколько вошло, потому что одна часть меняется местами с другой. Опустите железный гвоздь в синий раствор медного

купороса. Скоро гвоздь покрывается красной медью, а раствор зеленеет, потому что железо заняло место меди в соли.

Менделеев называет это замещением и говорит, что такие реакции постоянно применяют, чтобы покрыть железо медью или медь серебром. Посеребрённая ложка обязана своим блеском той же мысли: один металл осаждается на другой из раствора.

Если люди пользовались такими превращениями тысячи лет, почему настоящая наука о них появилась так поздно? Менделеев называет две причины. Во-первых, большинство превращений в природе и в мастерских запутаны: одновременно идёт много соединений, разложений и замещений. Во-вторых, и это важнее, в очень многих реакциях участвуют газы, и прежде всего сам воздух. Лишь в шестнадцатом и семнадцатом веках люди поняли, что воздух имеет вес и что газ — упругое состояние вещества, растекающееся во все стороны. До тех пор газы входили в реакции и выходили из них невидимо и невзвешенно, и казалось, что вещество может создаваться и исчезать.



Куда девается сгоревшее полено

Посмотрите снова на костёр. Дерево не исчезает: оно превращается в газы, которые уходят с дымом. Соберите этот дым, и вы найдёте газы, не похожие на воздух, в которых гаснет свеча и не может дышать животное. Взвесьте их, и они весят больше дерева, потому что дерево соединилось с частью воздуха, так же как железо тяжелеет, когда ржавеет. Жёлудь тоже растёт не из самого себя: его листья поглощают газы из воздуха, корни тянут воду с растворёнными в ней веществами, и из этого дерево строит своё тело. В газе без питательной части воздуха растение не растёт вовсе, а погибает. Даже вода, высыхающая с мокрой рубашки, не пропадает; она возвращается дождём, росой или снегом. Вещество при всех переменах меняет только место и

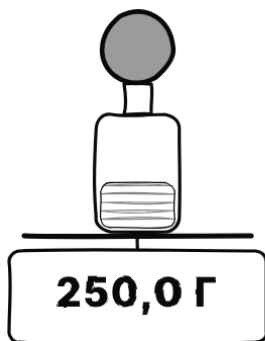
форму и сохраняет своё количество. Коротко, словами самого Менделеева, вещество для нас вечно.

Опыт

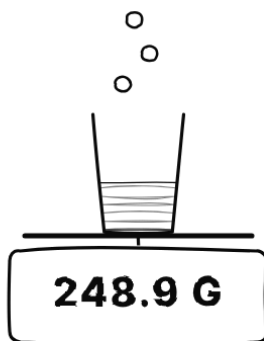
Поставьте на кухонные весы бутылку с небольшим количеством уксуса и бумажным фунтиком пищевой соды, а на горлышко натяните воздушный шарик. Запишите показание, затем стряхните соду внутрь, покачав бутылку и не поднимая её. Она шипит, шарик раздувается, а число на весах остаётся прежним. Сделайте то же в открытом стакане, и показание медленно ползёт вниз, пока газ уходит.

Кухонные весы за минуту показывают то, на что химикам понадобились века: потерянный вес — это всего лишь выпущенный газ.

ЗАКРЫТО



ОТКРЫТО



ВЕС ДО = ВЕС ПОСЛЕ

Закрытая бутылка, открытый стакан

Несколько древнегреческих мыслителей и учёные семнадцатого века, например Мариотт, уже подозревали, что количество вещества никогда не меняется, но так и не высказали этого ясно и не применили. Доказательство дал во второй половине восемнадцатого века Антуан Лавуазье, французский академик, который к тому же собирал налоги и которого Менделеев называет основателем современной химии. Его инструментом были весы, единственное орудие, которое прямо и точно говорит, сколько вещества перед нами. Он взвешивал всё, с чего начинал, даже сосуды, а потом взвешивал всё, что получалось. Каждый раз продукты вместе весили ровно столько же, сколько исходные вещества вместе.

Это закон сохранения вещества: вещество не создаётся и не уничтожается. Менделеев добавляет честное замечание. Такая короткая фраза говорит обо всей природе и потому содержит догадку; то, что действительно наблюдалось, скромнее. Во всех опытах и во всех изученных явлениях никто ни разу не нашёл, чтобы продукты были тяжелее или легче взятого, насколько могут судить весы. А так как вес идёт рука об руку с количеством вещества, никто ни разу не видел, чтобы вещество исчезло или появилось новое. Именно этот скромный и осторожный вывод придаёт точность всякому химическому исследованию, потому что позволяет химику вести точный счёт каждой реакции. Нынешние лабораторные весы показывают десяти тысячную долю грамма, и счёт по-прежнему сходится.

Запомним

Химия изучает, как вещества превращаются друг в друга, и каждое такое превращение, реакция, требует теснейшего соприкосновения их крошечных частиц. Реакции бывают трёх главных видов: соединение, где вещества соединяются; разложение, где одно распадается; и замещение, где одна часть занимает место другой. Наука появилась поздно, потому что реакции запутаны и потому что невидимые газы, у которых есть вес, оставались вне картины. Лавуазье взвешивал всё до и после и нашёл, что общий вес никогда не меняется: вещество не создаётся и не теряется, а только перемещается и превращается.

Вопросы

1. Газы от сгоревшего полена весят больше, чем весило полено. Откуда берётся лишний вес?
 - a. Из жара костра, который превращается в немного вещества.
 - b. Из золы, которая передаёт часть своего веса дыму.
 - c. Из воздуха, потому что дерево при горении соединяется с его частью.
 - d. Из влаги дерева, которая тяжелеет при нагревании.
2. Закрытая бутылка с уксусом и пищевой содой стоит на кухонных весах. Они вместе шипят, и шарик раздувается. Что показывают весы?
 - a. То же, что и раньше, потому что ничто не покинуло бутылку.
 - b. Меньше, потому что газ ничего не весит.
 - c. Больше, потому что получилось новое вещество.
 - d. Меньше, потому что шипение расходует часть вещества.
3. Почему первым химикам было так трудно увидеть, что вещество никогда не теряется?
 - a. У них не было никаких весов.
 - b. Они не знали, что воздух и другие газы имеют вес, поэтому газы входили в реакции и выходили из них незамеченными.
 - c. Реакции в их время шли медленнее, чем сегодня.

- d. Они верили только в соединения и никогда не видели разложения.
4. Железный гвоздь в синем медном купоросе покрывается медью, а раствор зеленеет. Какой это вид реакции?
- a. Соединение, потому что медь присоединяется к гвоздю.
 - b. Разложение, потому что синяя соль просто распадается.
 - c. Растворение гвоздя в растворе.
 - d. Замещение, потому что железо занимает место меди в соли.

Ответы

1. c) Дерево соединяется с частью воздуха, так же как железо тяжелеет, когда ржавеет, поэтому газы несут вес дерева плюс вес воздуха.
2. a) Газ пойман шариком, поэтому всё вещество по-прежнему на весах; только в открытом стакане показание падает, пока уходит газ.
3. b) Пока люди не поняли, что воздух имеет вес, газы входили в реакции и выходили из них невидимо и невзвешенно, и казалось, что вещество появляется и исчезает.
4. d) Веществ выходит столько же, сколько вошло, потому что железо поменялось местами с медью: это замещение.

Задачи

1. Друг говорит, что растущее дерево доказывает, что вещество может создаваться: ведь жёлудь становится огромным дубом. Что вы ответите?

Подсказка: Спросите, что поглощают листья и корни.

Ответ: Дерево строит своё тело из того, что поглощает: газов из воздуха через листья и воды с растворёнными веществами через корни. Его вес приходит извне; ничто не создаётся. Без питательной части воздуха растение не растёт вовсе.

2. Железные опилки смешивают с серой, а затем нагревают, пока смесь не раскалится. Как показать, что до нагревания это была лишь смесь, а после — новое вещество?

Подсказка: Подумайте, что делает магнит в каждом случае.

Ответ: До нагревания магнит вытягивает железо из смеси, значит, они ещё отдельные. После нагревания магнит уже не может выбрать железо, и никакая лупа не показывает ни железа, ни серы: они соединились в одно новое вещество, сернистое железо.

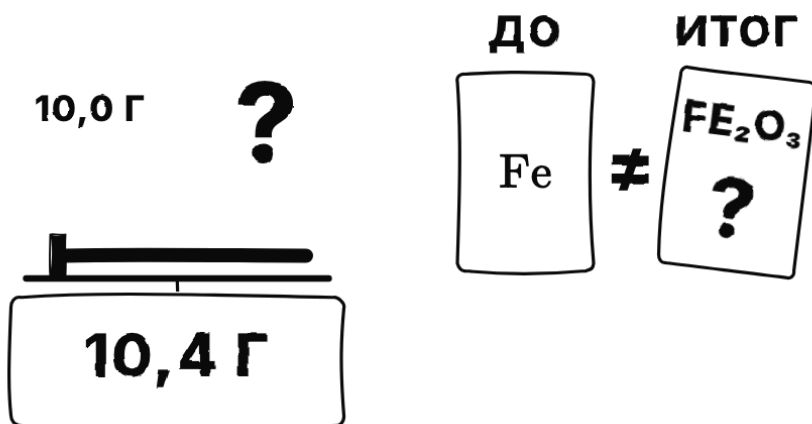
3. Мокрая рубашка, повешенная сушиться, становится легче. Уничтожилась ли часть её вещества? Объясните.

Подсказка: Проследите за водой, когда она покидает рубашку.

Ответ: Нет. Вода лишь изменила место и форму: она ушла в воздух паром и позже вернётся дождём, росой или снегом. Рубашка легче, но общее количество вещества то же.

Весы как сыщик

Оставьте блестящий железный гвоздь на неделю на улице в сырости. Он становится бурым и шелушится, и если бы вы сначала его взвесили, то нашли бы, что теперь он тяжелее. К нему что-то присоединилось, хотя ничего видимого рядом не появлялось. Правило из прошлой части, что ничто не создаётся и не теряется, сейчас работает как сыщик и назовёт виновника.

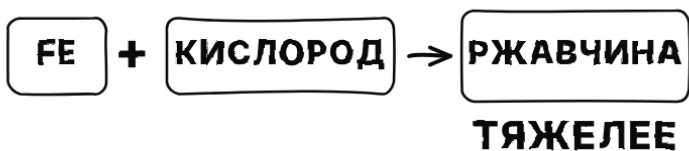


Ржавый гвоздь весит больше

Менделеев превращает правило в баланс. На одной стороне стоят все вещества, которые вступают в реакцию, на другой — все, что

выходят, и обе стороны должны весить одинаково. Это даёт химику две силы. Если известны все веса, кроме одного, недостающий можно найти. А если какое-то вещество забыли, стороны не сойдутся, и это несовпадение выдаст пропуск. Это как касса в магазине при закрытии: если деньги и чеки не сходятся, что-то упустили, и вы идёте искать.

Первый случай — железо. Во влажном воздухе оно ржавеет, а при нагревании на воздухе обрастает коркой окарины, землистым веществом, очень похожим на железные руды, которые выкапывают из земли. В обоих случаях металл прибавляет в весе. Лавуазье нашёл, откуда берётся прибавка: из части воздуха, называемой кислородом, той, что поддерживает огонь. В пустоте или в газах без кислорода, например в водороде или азоте, железо не ржавеет и не покрывается окариной. Значит, ржавчина — это железо плюс что-то, соединение, и она сложнее самого железа.



БЕЗ КИСЛОРОДА НЕТ РЖАВЧИНЫ

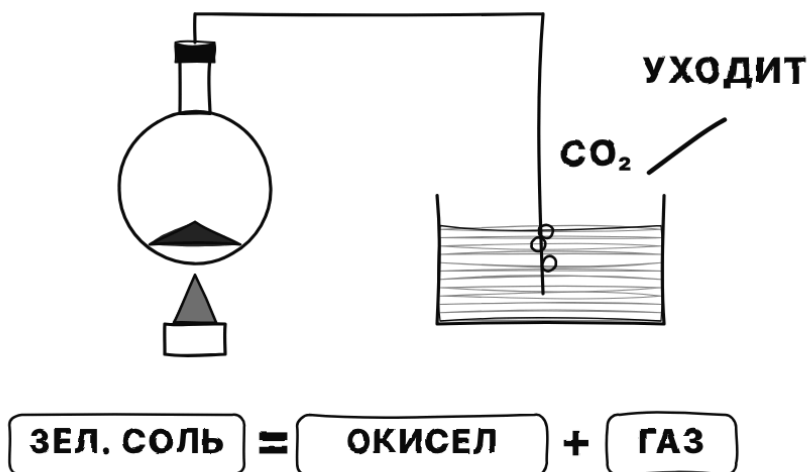


Железо прибавляет, а не теряет

Без взвешивания это легко прочесть наоборот, и до Лавуазье так и читали все. Тогдашние химики верили, что в железе содержится таинственное вещество, флогистон, и что нагревание выгоняет его и оставляет окалину. Но если бы что-то уходило, окалина стала бы легче, а она тяжелее. Одних весов хватило, чтобы опрокинуть старое представление. Ржавчина, которая разъедает старый велосипед, тяжелее стали, которую она заменяет, потому что взяла кислород из воздуха.

Второй случай идёт в обратную сторону. Зелёная медная соль, которую продают порошком, и зелёный камень малахит, идущий в украшения и как медная руда, при нагревании чернеют. Чёрное вещество, окись меди, весит меньше зелёной соли, значит, на

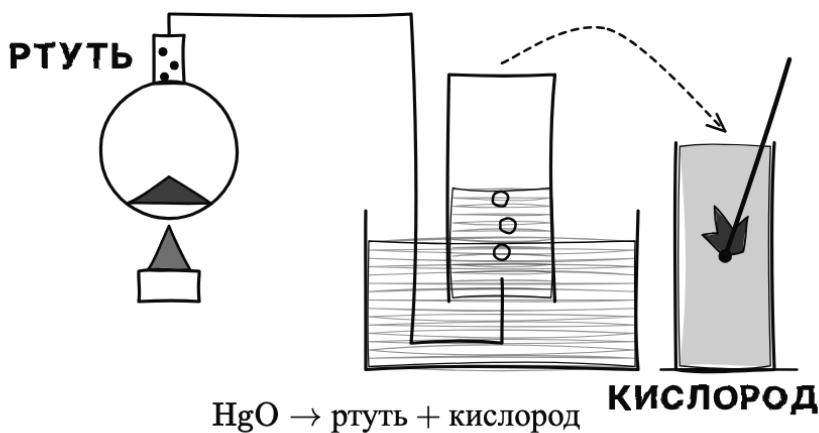
этот раз что-то ушло: это разложение. Закройте колбу плотной пробкой с трубкой, ведущей в воду, и при нагревании выйдут пузырьки газа. Горящая лучинка гаснет в этом газе, будто её окунули в воду. Это углекислый газ, прозрачный и бесцветный, как воздух, и именно поэтому без весов никто бы не заподозрил, что он там есть. Взвесьте и его, и чёрная окись вместе с газом весят ровно столько, сколько весила зелёная соль.



Зелёная соль выделяет газ

Третий случай Менделеев называет особенно важным для истории химии. Ртуть, нагретая на воздухе, медленно превращается в красный порошок, красную окись ртути. Нагрейте этот красный порошок в стеклянной колбе, трубка которой уходит под воду, и ловите пузырьки в перевернутую

банку с водой, которую они вытесняют, поднимаясь. Первые пузырьки — просто воздух, расширяющийся от тепла; потом идёт другой газ. Опустите в него лучинку, которая только тлеет, и она вспыхивает ярким пламенем, чего в обычном воздухе никогда не сделала бы. Этот газ — кислород. Одновременно на более холодном стекле собираются блестящий налёт и крошечные капельки ртути. Итак, одно вещество распалось на два, ртуть и кислород, — это разложение.



Красный порошок распадается надвое

Химики до Лавуазье уже умели собирать газы, но он показал, что они на самом деле делают. Кислород из красного порошка — тот же газ, что есть в воздухе, которым дышат животные, в котором

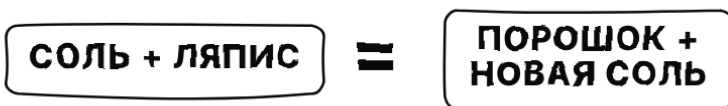
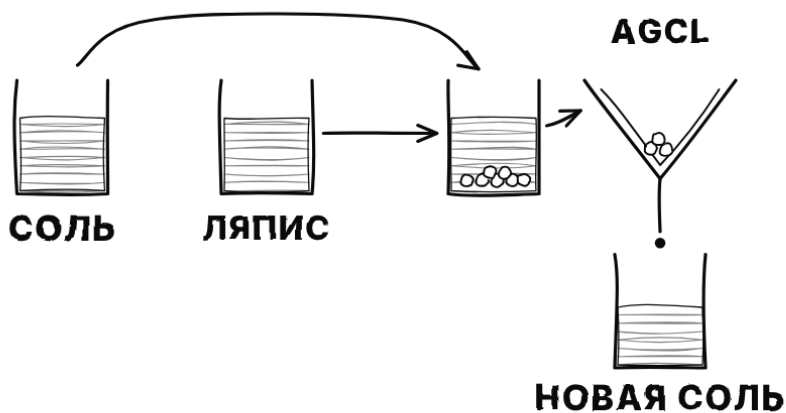
горят тела и который превращает металлы в ржавчину и окалину. Вот почему такой маленький опыт изменил всю химию.

Опыт

Задуйте спичку и, пока кончик ещё тлеет, поддержите его прямо над стаканом аптечной перекиси водорода, в которую вы размешали щепотку сухих дрожжей. Пена полна кислорода, и тлеющий кончик разгорается ярче или даже снова вспыхивает. Это менделеевский опыт с тлеющей лучинкой, только в кухонном стакане вместо лабораторной колбы.

Четвёртый случай показывает замещение. Возьмите поваренную соль и ляпис, соль серебра, которой когда-то прижигали раны. Обе растворяются в воде, давая прозрачные растворы. Слейте их вместе, и сразу появляется белое твёрдое вещество и оседает: новое вещество, которое не растворяется. Вылейте мутную смесь в стеклянную воронку, выложенную конусом из непроклеенной бумаги, фильтром, и прозрачная жидкость протечёт, а белый порошок останется на бумаге. Этот порошок, хлористое серебро, — явно новое вещество, ведь ни одна из исходных солей не была нерастворимой. Выпарите прозрачную жидкость досуха, и она оставит ещё одну новую соль, растворимую в воде, но отличную от обеих первых. Вода лишь помогла перевести две соли в рыхлое, жидкое состояние, где они могли встретиться. Менделеев высушил и взвесил всё: соль и ляпис вместе весили ровно столько же, сколько белый порошок и новая соль вместе. Кофейный фильтр на вашей кухне делает ту же работу, что

менделеевский бумажный конус: задерживает твёрдое и пропускает жидкость.



Две соли меняются партнёрами

Запомним

Поскольку ничто не создаётся и не теряется, веса вступающих в реакцию веществ должны равняться весам выходящих. Такой баланс позволяет химику вычислить один неизвестный вес и выдаёт любое упущенное вещество, например невидимый газ. Ржавеющее железо тяжелеет, потому что берёт кислород из воздуха, и это опровергло старую мысль об уходящем флогистоне. Зелёная медная соль при нагревании легчает, потому что выделяет углекислый газ, а красная окись ртути распадается на ртуть и кислород, газ дыхания и горения. Соль и ляпис меняются партнёрами в воде, и общий вес всё равно остаётся в точности тем же.

Вопросы

1. Химик складывает веса до и после реакции, и две суммы не сходятся. Какой вывод самый разумный?
 - a. Во время реакции часть вещества уничтожилась.
 - b. Какое-то участвовавшее вещество не учли.
 - c. Часть вещества создал жар.
 - d. Баланс работает только для реакций без газов.
2. Почему взвешивание ржавчины опрокинуло старую мысль о флогистоне?
 - a. Потому что ржавчина оказалась легче железа.

- b. Потому что флогистон нашли в воздухе, а не в железе.
 - c. Потому что ржавчина тяжелее железа, значит, что-то прибавилось, а не было выгнано.
 - d. Потому что железо так же хорошо ржавело в сосуде без воздуха.
3. Зелёная медная соль при нагревании чернеет и легчает. Что произошло?
- a. Она выделила бесцветный газ, углекислый газ, а остаток — чёрная окись меди.
 - b. Она взяла кислород из воздуха и стала окисью меди.
 - c. Часть её вещества сгорела в ничто.
 - d. Она расплавилась и потеряла воду, дававшую цвет.
4. Растворы поваренной соли и ляписа сливают, и оседает белый порошок. Почему это замещение, а не просто смесь?
- a. Потому что вода превратилась в новую соль.
 - b. Потому что порошок — это лишь две соли, высохшие из воды.
 - c. Потому что смесь стала тяжелее двух солей.
 - d. Потому что появляются два новых вещества, одно нерастворимое и одно растворимое, не похожие ни на одну из взятых солей.

Ответы

1. **b)** Раз ничто не создаётся и не теряется, несовпадение означает, что что-то забыли, часто невидимый газ, и само несовпадение его выдаёт.
2. **c)** Если бы флогистон уходил из железа, ржавчина весила бы меньше; она весит больше, потому что железо взяло кислород из

воздуха.

3. а) Потеря веса значит, что что-то ушло; колба с пробкой показывает пузырьки углекислого газа, а окись и газ вместе весят ровно столько, сколько весила соль.

4. d) Два вещества дали два новых, нерастворимое хлористое серебро и новую растворимую соль, а вода лишь помогла им встретиться.

Разобранные примеры

Взвешивание самого Менделеева Менделеев берёт около $58\frac{1}{2}$ грамма поваренной соли и 170 граммов ляписа и получает $143\frac{1}{2}$ грамма нерастворимого хлористого серебра и 85 граммов новой растворимой соли. Согласуется ли это с правилом, что ничто не создаётся и не теряется?

На стороне вступающих — две взятые соли: $58\frac{1}{2}$ и 170 граммов, вместе $228\frac{1}{2}$ грамма.

На стороне выходящих — два новых вещества: $143\frac{1}{2}$ и 85 граммов, вместе тоже $228\frac{1}{2}$ грамма.

Вода не учитывается ни на одной стороне, потому что она лишь свела соли вместе и не расходовалась.

Обе стороны равны, как и требует правило.

Ответ: Да: обе стороны весят $228\frac{1}{2}$ грамма.

Задачи

1. Кто-то взвешивает чашку с зелёной медной солью, нагревает её открытой и находит, что чёрный порошок легче. Он говорит, что жар уничтожает вещество. Что вы ему скажете?

Подсказка: Спросите, что могло уйти из чашки незаметно.

Ответ: Ничего не уничтожилось: ушёл бесцветный газ, углекислый газ. Нагревание в колбе с пробкой и трубкой в воду показывает пузырьки, а чёрная окись и газ вместе весят столько же, сколько весила соль.

2. Железо нагревают в сосуде с азотом вместо воздуха, и окалина не образуется, а железо не прибавляет в весе. Что это показывает?

Подсказка: Сравните с обычным воздухом, в котором есть кислород.

Ответ: Это показывает, что лишний вес окарины приходит из кислорода воздуха: где нет кислорода, ничто не присоединяется к железу, так что ничего не прибавляется.

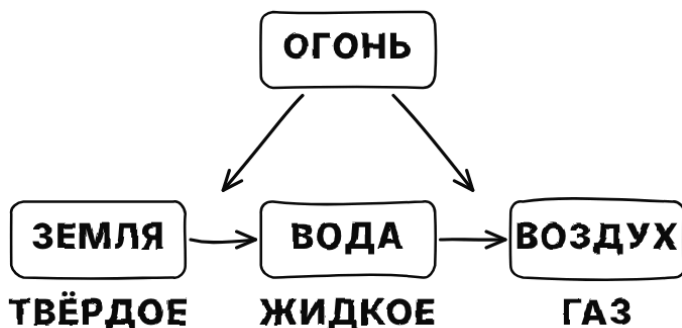
3. Тлеющую лучинку опускают в банку с газом из нагретой красной окиси ртути, и она вспыхивает пламенем. Почему это доказывает, что газ — не просто воздух?

Подсказка: Что делает тлеющая лучинка в обычном воздухе?

Ответ: В обычном воздухе лишь тлеющая лучинка гаснет сама. Вспышка показывает, что газ поддерживает горение гораздо сильнее воздуха: это кислород, освобождённый из красного порошка.

Двенадцать дней с колбой ртути

Можно ли сделать что угодно из чего угодно? Посмотрите, как растение строит листья, древесину и плоды из одного лишь воздуха, воды и почвы, и покажется, что веществу нет предела в том, чем оно может стать. Посмотрите, как кузнец превращает железо в чернила или в густо-синюю краску, берлинскую лазурь, и это чувство растёт. И всё же каждый из нас знает, что из камня обеда не сварить, а медь в золото не превратишь. Менделеев называет это вторым великим вопросом химии. Первый был о количестве, и ответили на него весы: ничто не теряется. Второй — о качестве: есть ли предел тому, во что можно превратить вещество?



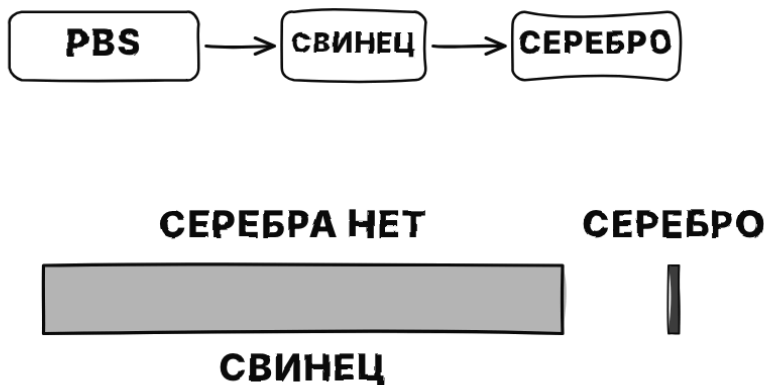
БЕЗ ПРЕДЕЛА?

Четыре старые стихии

Древнейший распространённый ответ гласил, что всё состоит из четырёх стихий: воздуха, воды, земли и огня. Он пришёл к грекам из Азии, и полнее всех его изложил Эмпедокл, примерно за четыре с половиной века до Рождества Христова. Он не был плодом тщательных исследований; похоже, он просто раскладывает вещи на газы, жидкости и твёрдые тела, а огонь, то есть теплота, превращает одно в другое.

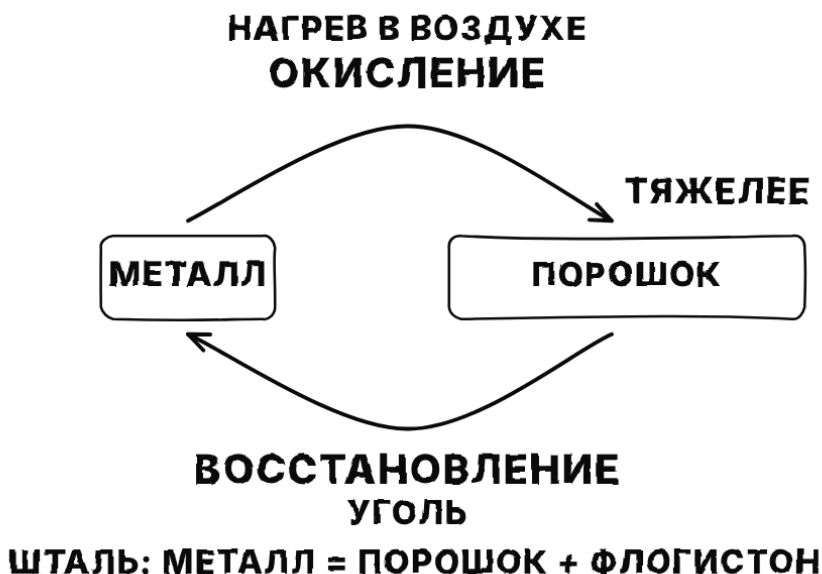
Арабские учёные первыми взялись за этот вопрос опытом и через Испанию принесли эту страсть в Европу, где она стала тайным искусством алхимии. Алхимики верили, что превращениям нет предела, и охотились за философским камнем, веществом, которое превратило бы что угодно в золото и алмазы и даже

вернуло бы старикам молодость. Их вера не была пустой выдумкой. Из блестящей руды, свинцового блеска, они получали свинец, а из свинца — серебро, так что казалось, ещё один шаг приведёт от серебра к золоту. Однако взвешивали они редко. Если бы взвешивали, то увидели бы, что серебро составляло крошечную часть свинца и что после его извлечения никакая дальнейшая работа больше не даёт. Серебро всё время было в свинце; свинец в него не превращался. Это как найти монеты в старом диване: диван их не делал, и если потряхнуть его снова, ничего не выпадет. Алхимики не нашли законов, потому что никогда не задавали простых, ясных вопросов, но оставили химии сокровищницу опытов.



Серебро там уже было

Два из их любимых превращений оказались ключом ко всему. Когда металл ржавеет или вообще переходит из блестящего металла в землистый порошок, мы называем это окислением. Получение металла обратно из земляного порошка называется восстановлением. Железо, свинец и олово окисляются, просто нагреваясь на воздухе, и снова становятся металлом, если их нагреть с углём. Многие руды в земле — именно такие окисленные металлы, и печи всегда добывали из них олово, железо и медь, нагревая их с углём. Доменная печь на металлургическом заводе делает то же самое и сейчас: руда и кокс идут сверху, железо вытекает снизу.



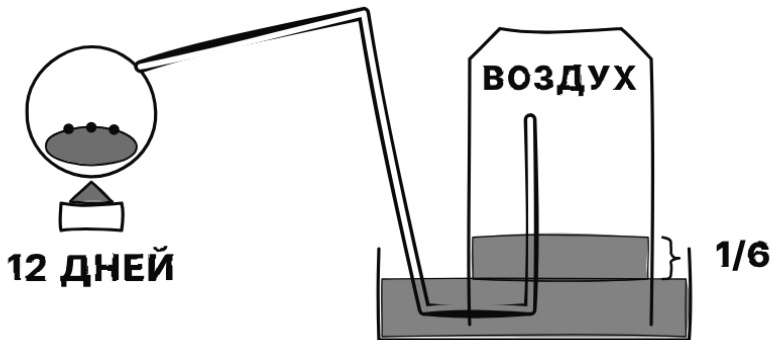
Окисление и восстановление

Первое объяснение этих двух превращений дали Бехер и прежде всего Шталь, лейб-медик прусского короля, в книге тысяча семьсот двадцать третьего года. Всякое тело, говорил Шталь, содержит невесомое огненное вещество, которое он называл флогистоном. Чем легче тело горит или ржавеет, тем больше в нём флогистона, а уголь им полон. Когда металл ржавеет или горит, флогистон уходит; когда уголь превращает руду обратно в металл, он отдаёт руде часть своего флогистона. Итак, для Шталя металл был сложным телом: землистый порошок плюс флогистон. Теория была так проста, что приобрела множество поклонников.

Лавуазье со своими весами увидел, что всякое ржавление и всякое горение делает вещество тяжелее, за счёт воздуха. Он принял естественный взгляд, что более тяжёлое тело и есть более сложное, и в тысяча семьсот семьдесят четвёртом году поставил знаменитый опыт, решивший дело.

Представьте стеклянную колбу с длинным горлом, которое изгибается вниз, а потом снова вверх. Лавуазье налил в неё чистой ртути, опустил горло в чашку с ртутью и накрыл открытый конец стеклянным колоколом, полным воздуха. Так определённое количество воздуха оказалось запёртым, отрезанным от комнаты. Он заранее тщательно измерил этот воздух, учтя объём колбы и колокола, ртуть внутри, температуру и давление того дня. В этом и была вся суть: если прав Шталь, флогистон хлынет из ртути в воздух, и воздуха не должно стать меньше; если прав Лавуазье, ртуть поглотит часть воздуха, и воздуха станет меньше.

ВОЗДУХ - = РТУТЬ +



Двенадцать дней горячей ртути

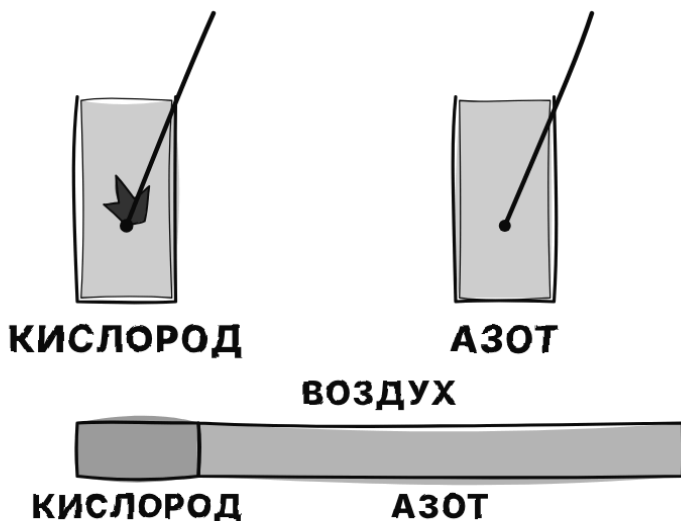
Двенадцать дней он держал ртуть горячей, почти кипящей. Мало-помалу её поверхность покрылась красными чешуйками: это красная окись ртути, с которой мы встретились в прошлой части. Потом он дал прибору остыть и снова измерил воздух. Его стало меньше, примерно на шестую часть, и одно это опровергло немецкую теорию. Более того, воздух потерял ровно столько веса, сколько прибавила ртуть. Значит, часть воздуха не исчезла; она соединилась с ртутью.

Опыт

Затолкайте комок влажной стальной ваты на дно высокого стакана и поставьте стакан вверх дном в блюде с водой. За день-два вата ржавеет, и вода поднимается внутри стакана примерно на пятую часть высоты. Ваше блюдо — грубое кухонное подобие колокола Лавуазье: железо забрало часть запертого воздуха в свою ржавчину, а то, что осталось, не поддерживает пламени.

Эту поглощённую часть воздуха можно снова выгнать из красной окиси, и это тот газ, в котором тлеющая лучинка вспыхивает. Его называли кислородом. Часть воздуха, оставшаяся под колоколом, вела себя совсем иначе. Она не окисляла металлов и не поддерживала ни пламени, ни жизни; горящая лучинка, писал Лавуазье в отчёте, «гаснет в нём, как будто её погрузили в воду». Этот газ называли азотом.

РЖАВЧИНА = МЕТАЛЛ + КИСЛОРОД



Воздух — это два газа

Значит, воздух вовсе не стихия, как думали древние, а смесь двух газов, кислорода и азота. Смешайте их снова, и получится обыкновенный воздух. Горение и ржавление забирают кислород из воздуха, а землистые порошки, в которые превращаются металлы, — соединения металла с кислородом. А когда уголь превращает руду обратно в металл, кислород уходит из руды и соединяется с углём, давая тот же газ, что даёт уголь, сгорая на воздухе. Этот газ тоже соединение, угля с кислородом, так же как землистые порошки — металла с кислородом. Шталь рассказывал историю ровно наоборот: металл — более простое тело, а его ржавчина — это металл плюс что-то.

Запомним

Узнав, сколько вещества, химия спрашивает, чем оно может стать: есть ли предел превращениям? Алхимики думали, что предела нет, но их серебро всегда было в свинце, как показало бы взвешивание. Окисление превращает металл в землистый порошок, а восстановление углём возвращает металл; Шталь объяснял оба превращения воображаемым флогистонем. Лавуазье двенадцать дней нагревал ртуть под колоколом с воздухом, и воздух потерял столько веса, сколько прибавила ртуть. Воздух — смесь кислорода, который соединяется с металлами и поддерживает огонь, и азота, который не делает ни того, ни другого; ржавчина — это металл плюс кислород.

Вопросы

1. Алхимики получали из свинца серебро. Почему это не доказывало, что свинец может превращаться в серебро?
 - a. Потому что полученное серебро на деле было полированным свинцом.
 - b. Потому что серебро уже было в свинце, и после его извлечения больше получить было нельзя.
 - c. Потому что серебро можно получить только из свинцового блеска, но никогда из свинца.
 - d. Потому что свинец превращался в серебро только пока был горячим.

2. В двенадцатидневном опыте Лавуазье запертого воздуха стало меньше, а ртуть покрылась красными чешуйками. Почему это говорило против флогистона Шталь?
- a. Шталь ожидал, что флогистон хлынет в воздух, так что воздуха не должно было стать меньше.
 - b. Шталь ожидал, что ртуть останется блестящей, а она покраснела.
 - c. Шталь ожидал, что опыт займёт меньше двенадцати дней.
 - d. Шталь ожидал, что ртуть целиком выкипит.
3. Каким оказался газ, оставшийся под колоколом Лавуазье после того, как ртуть взяла свою долю?
- a. В нём тлеющая лучинка вспыхивала пламенем.
 - b. Он был точно таким же, как обычный воздух.
 - c. Он не окислял металлов и не поддерживал ни пламени, ни жизни.
 - d. Он превращал ртуть обратно из красной в блестящую.
4. Когда руду нагревают с углём и она отдаёт свой металл, куда девается кислород руды?
- a. Он остаётся в металле в виде флогистона.
 - b. Его уничтожает жар печи.
 - c. Он становится азотом и уходит в воздух.
 - d. Он соединяется с углём, давая тот же газ, что даёт уголь, сгорая на воздухе.

Ответы

1. **b)** Взвешивание и более внимательное изучение показали бы, что серебро было крошечной частью, уже сидевшей в свинце; сам свинец ни во что не превращался.
2. **a)** Если бы что-то уходило из ртути, воздух ничего бы не потерял; вместо этого воздух потерял столько веса, сколько прибавила ртуть, значит, часть воздуха соединилась с металлом.
3. **c)** Оставшийся газ, азот, не поддерживал ни горения, ни дыхания; часть, соединившаяся с ртутью, была кислородом.
4. **d)** При восстановлении кислород переходит из руды к углю и образует газ горящего угля, который сам есть соединение угля с кислородом.

Задачи

1. Объясните своими словами, почему теория Штала и взгляд Лавуазье предсказывают противоположное для воздуха в закрытом сосуде, где ржавеет металл.

Подсказка: Спросите для каждого из них, что-то входит в воздух или выходит из него.

Ответ: По Шталю, ржавление выгоняет флогистон из металла, поэтому из воздуха ничего не берётся и его не должно стать меньше. По Лавуазье, металл забирает в себя часть воздуха, поэтому воздуха должно стать меньше. Опыт Лавуазье со ртутью показал, что воздуха стало меньше, на столько же по весу, сколько прибавил металл.

2. Древние считали воздух одной из четырёх стихий. Что показал об этом опыт Лавуазье?

Подсказка: Подумайте о двух разных газах, которые дал опыт.

Ответ: Воздух — не одно простое тело, а смесь двух газов: кислорода, который соединяется с металлами и поддерживает огонь,

и азота, который не делает ни того, ни другого. Если смешать их снова, получится обычный воздух.

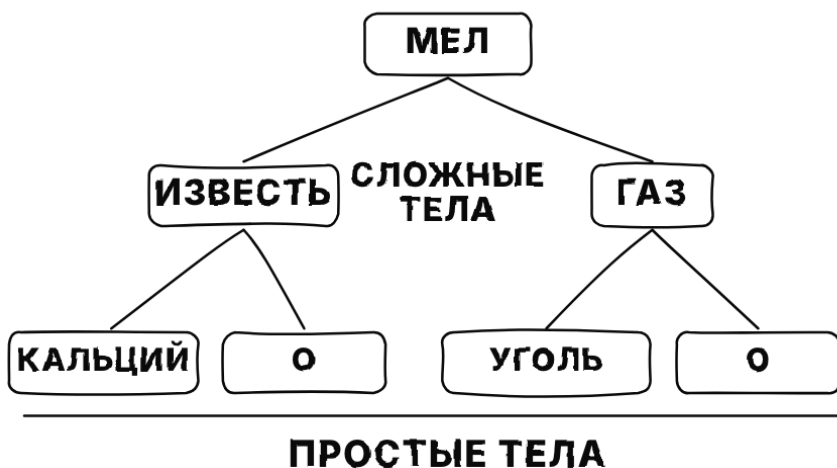
3. Почему алхимики при всём своём искусстве не нашли законов химии?

Подсказка: Подумайте, что они редко делали и какие вопросы задавали.

Ответ: Они редко взвешивали, поэтому не могли увидеть, что серебро лишь извлекалось из свинца, а не делалось из него, и не задавали простых, ясных вопросов, ответы на которые позволили бы идти дальше. И всё же их многочисленные опыты оставили химии богатство новых фактов.

Кирпичики, которые никогда не меняются

Сильно нагрейте кусок мела, и он распадётся на негашёную известь и газ, тот же газ, что даёт уголь, когда горит. Теперь оставьте эту известь в газе с небольшим количеством воды при обычной температуре, и снова получится каменистое вещество, совсем как мел. Значит, мел вовсе не основное вещество: его можно разобрать и снова собрать. Но основные ли его две части? Тоже нет: газ — это уголь, соединённый с кислородом, а известь — особый металл, кальций, соединённый с кислородом. Вопрос Менделеева прост: если так и дальше разбирать вещества, где мы остановимся?



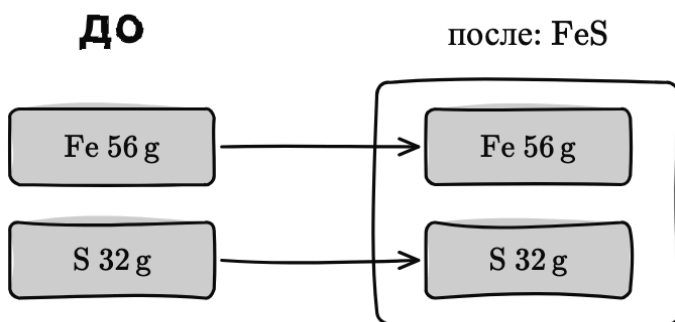
Разбираем мел

Мы остановимся на веществах, которые никакими средствами нельзя разделить на два или более других и которые нельзя и построить ни из чего другого. Они могут лишь соединяться друг с другом или действовать на другие тела. Менделеев называет их простыми телами, а все остальные — сложными. Это деление всех однородных веществ на простые и сложные восходит к Лавуазье и с тех пор осталось в науке. Подумайте о домике из LEGO: его можно разобрать на стены, стены — на кирпичики, но на отдельном кирпичике разборка кончается.

Простых тел удивительно мало по сравнению с бесконечными сложными телами, которые они образуют. Во времена Менделеева достоверно было известно около семидесяти пяти, и

некоторые из них редки или встречаются лишь в крошечных количествах. Тех, с чьими соединениями мы имеем дело в повседневной жизни, не больше двадцати пяти.

≈ 75 ПРОСТЫХ ТЕЛ ОКОЛО 25 В БЫТУ



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

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

Каждое простое тело сходится

И вот ответ на мечту алхимиков. Простые тела не превращаются друг в друга; никто никогда этого не видел. Несмотря на огромные усилия, не найдено ни одного факта, который указывал бы, что хорошо известные простые тела вроде кислорода, железа или серы сами состоят из чего-то более простого. Значит, один металл нельзя превратить в другой.

Сложите это с правилом, что ничто не создаётся и не теряется, и следует нечто более сильное. Поскольку простое тело нельзя ни

создать, ни разложить, количество каждого из них остаётся одним и тем же при всяком химическом превращении. Сходится уже не только общий вес: каждое простое тело сходится само по себе. Сколько железа, кислорода или серы было в исходных веществах, ровно столько же найдётся, только распределённым иначе, в конечных веществах. Поэтому, говорит Менделеев, суть химии в том, чтобы узнать, с чем и как соединено каждое простое тело до превращения и после него. Банк работает так же: деньги переходят со счёта на счёт, но каждый рубль можно проследить, и итог в каждой валюте никогда не меняется.

Чтобы кратко записывать такие превращения, химики договорились о стенографии. Каждое простое тело получает одну или две буквы от своего латинского названия: кислород — от оксигениум, азот — от нитрогениум, ртуть — от гидраргирум, железо — от феррум. Сложное тело записывают, ставя буквы его простых тел рядом, так что красную окись ртути пишут буквами ртути и кислорода вместе. Каждая буква также обозначает определённый относительный вес этого простого тела, его атомный вес. Поэтому написанная формула говорит не только, из чего состоит сложное тело, но и сколько в нём каждого. Для поваренной соли, состоящей из натрия и хлора, формула показывает, что из каждых ста граммов примерно две пятых — натрий и три пятых — хлор. А всякое химическое превращение можно записать как своего рода уравнение, где количество каждого простого тела должно получиться одинаковым с обеих сторон.

O OXYGENIUM

HgO

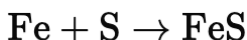
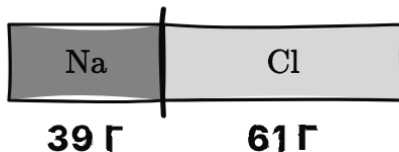
N NITROGENIUM

КРАСНАЯ ОКИСЬ

Hg HYDRARGYRUM

NaCl

Fe FERRUM



Буквы из латинских названий

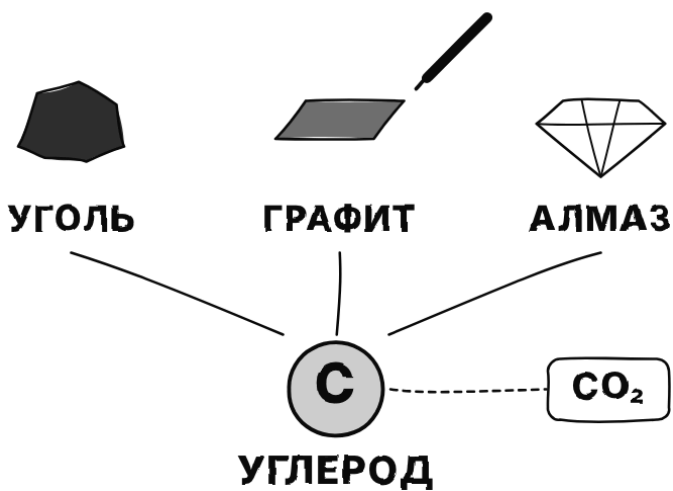
Это ставит первый предел химическим превращениям: из данных веществ можно получить только такие, которые содержат те же самые простые тела. И всё же даже в этом пределе число возможных сложных тел безгранично. Любой, кто начинает работать в лаборатории, легко может получить новое соединение, которого никто прежде не получал, а наука часто предвидит такие новые соединения заранее. Цель химии — найти порядок, скрытый в этом огромном разнообразии, законы, управляющие тем, как образуются сложные тела и какие у них свойства.

Теперь тонкое, но важное различие. Когда мы говорим, что красная окись ртути содержит кислород, мы не имеем в виду, что

газ кислород сидит внутри красного порошка. Мы говорим лишь о том, что порошок может сделать: что он может отдать ртуть и кислород и передать их другим телам. Короче, состав сложного тела описывает превращения, на которые оно способно. Поэтому красная окись содержит не два простых тела, жидкий металл и газ, а два элемента, вещество ртути и вещество кислорода. Это, говорит Менделеев, как водяной пар, который содержит вещество льда, но не сам лёд, или хлеб, который содержит вещество зерна, но не само зерно. Ваш кухонный сахар устроен так же: в нём есть элемент углерод, но в сахарнице не спрятано никакого куска угля.

Элемент можно даже знать раньше, чем кто-нибудь увидел его простое тело. Долгое время никому не удавалось получить фтор в свободном виде, и всё же его приходилось считать элементом, потому что его соединения с другими веществами были известны и явно не походили ни на какие другие.

Яснее всего разница видна на углероде. Древесный уголь, графит и алмаз — три разных простых тела: одно чёрное и рассыпчатое, другое серое и скользкое, третье прозрачное и самое твёрдое из всех. И всё же все три — один и тот же элемент, углерод. Тот же углерод есть в газе, который получается при горении угля, и всё же в этом газе нет ни угля, ни графита, ни алмаза. Простое тело может существовать в нескольких видах; элемент — то, что остаётся неизменным под ними всеми. Грифель карандаша в вашем ящике и камень в кольце с бриллиантом в глубине — один и тот же элемент.



Три тела, один углерод

Запомним

Разбирая вещества, мы доходим до простых тел, которые нельзя ни разделить, ни построить из чего-то другого; все остальные — сложные. Простых тел было известно лишь около семидесяти пяти, и ни одно никогда не превращалось в другое, так что один металл не может стать другим.

Поэтому количество каждого простого тела остаётся одним и тем же при всяком превращении, и химия следит, куда девается каждое. Химическая формула, составленная из латинских букв, каждая из которых обозначает определённый вес, показывает и что содержит сложное тело, и сколько. Элемент — не само простое тело, а неизменное вещество, общее у него с его соединениями: уголь, графит и алмаз — три тела, но один элемент, углерод.

Вопросы

1. Мел распадается на известь и газ, но ни известь, ни газ не считаются простыми телами. Почему?
 - a. Потому что оба встречаются только в природе и никогда в лаборатории.
 - b. Потому что их самих можно разложить дальше: газ — на уголь и кислород, известь — на кальций и кислород.
 - c. Потому что оба тяжелее мела, из которого получены.
 - d. Потому что газ никогда не может быть простым телом.

2. Почему количество каждого простого тела должно оставаться одним и тем же при всяком химическом превращении?
- a. Потому что простые тела вообще не участвуют в реакциях.
 - b. Потому что химики всегда очень тщательно их взвешивают.
 - c. Потому что простое тело нельзя ни создать, ни разложить, а вещество никогда не теряется.
 - d. Потому что все простые тела весят одинаково.
3. Что значит сказать, что красная окись ртути содержит кислород?
- a. Что она может отдать ртуть и кислород и передать их другим телам, а не что внутри неё есть газ кислород.
 - b. Что внутри красного порошка заперты крошечные пузырьки газа кислорода.
 - c. Что порошок, оставленный на воздухе, медленно превратится в кислород.
 - d. Что порошок — смесь жидкой ртути и газа кислорода.
4. Уголь, графит и алмаз выглядят и ведут себя очень по-разному. Как Менделеев их объединяет?
- a. Это три разных элемента, которые случайно чёрные или прозрачные.
 - b. Это соединения углерода с разным количеством кислорода.
 - c. Только алмаз — простое тело; два других — смеси.

d. Это три разных простых тела одного и того же элемента, углерода.

Ответы

1. **b)** Простое тело — то, которое нельзя разложить на другие; газ — это уголь, соединённый с кислородом, а известь — кальций, соединённый с кислородом, так что оба ещё сложные тела.

2. **c)** Если сложить правило, что ничто не создаётся и не теряется, с тем, что простые тела нельзя ни сделать, ни разложить, каждое из них должно выйти из превращения ровно в том количестве, в каком вошло.

3. **a)** Состав сложного тела описывает превращения, которые оно может претерпеть; окись содержит элемент кислород, а не сам газ, как пар содержит вещество льда, но не лёд.

4. **d)** Простое тело может существовать в нескольких видах, а элемент под ними остаётся неизменным: уголь, графит и алмаз — три тела, один элемент.

Разобранные примеры

Что формула говорит о поваренной соли Поваренная соль состоит из натрия и хлора, по одной доле каждого, и доли весят 23 у натрия и 35,5 у хлора. Какая часть каждых ста граммов соли — натрий, а какая — хлор?

Одна доля натрия и одна доля хлора вместе весят 23 плюс 35,5, то есть 58,5.

Часть натрия в целом — 23 из 58,5, это примерно 39,3 из каждых ста.

Часть хлора — 35,5 из 58,5, примерно 60,7 из каждых ста.

Обе части вместе дают все сто, как и должно быть.

Ответ: Примерно 39,3 грамма натрия и 60,7 грамма хлора в каждом 100 граммах соли.

Задачи

1. Алхимик утверждает, что может сделать золото из смеси железа и серы. Объясните с помощью понятия простых тел, почему он не может.

Подсказка: Какие простые тела есть в том, с чего он начинает?

Ответ: Из данных веществ можно получить только такие, которые содержат те же самые простые тела. В железе и сере нет золота, а простые тела никогда не превращаются друг в друга, поэтому золото получить не может.

2. Долгое время никому не удавалось получить фтор в свободном виде. Почему его всё же считали элементом?

Подсказка: Подумайте, что химики знали о фторе.

Ответ: Были известны его соединения с другими простыми телами, и они явно не походили ни на какие другие. Это показывало, что в них есть неизменное вещество, элемент, ещё до того, как получили само простое тело.

3. Объясните своими словами разницу между простым телом и элементом на примере пара и льда или хлеба и зерна.

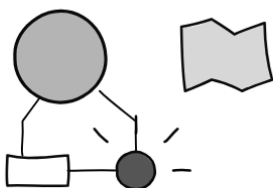
Подсказка: Спросите, что на самом деле присутствует внутри сложного тела.

Ответ: Простое тело — реальное тело, которое можно взять в руки, как металл ртуть или газ кислород. Элемент — вещество этого тела, каким оно присутствует в соединениях: красная окись ртути содержит элементы ртуть и кислород, но не жидкий металл и не газ, так же как пар содержит вещество льда, но не лёд, а хлеб — вещество зерна, но не зёрна.

Переключка простых тел

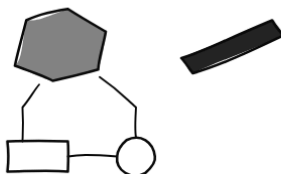
Разложите на столе горсть вещей: медную монету, кусок серы, палочку угля, лоскут алюминиевой фольги. Постучите по каждой, поднимите к свету, приложите к полюсам батарейки с лампочкой посередине. Монета и фольга блестят, гнутся не ломаясь, холодны на ощупь и проводят ток; сера и уголь ничего из этого так хорошо не делают. Это первое грубое разделение простых тел, которое предлагает Менделеев.

МЕТАЛЛЫ



**БЛЕСК
ГНУТСЯ
ПРОВОДЯТ**

МЕТАЛЛОИДЫ



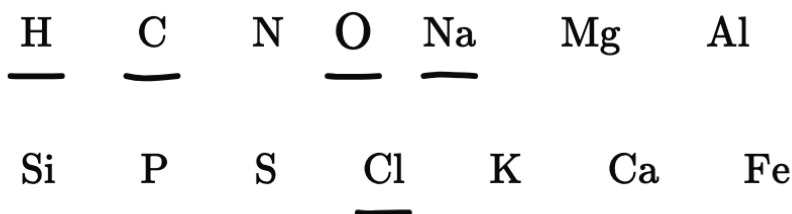
ГРАФИТ

Металлы и металлоиды

Многие простые тела, хотя и не все, обладают особым блеском, не пропускают света, куются в тонкие листы и очень хорошо проводят тепло и электричество. Это металлы, и их смеси между собой, сплавы, обладают теми же чертами. Простые тела без этих физических признаков называют металлоидами; во времена Менделеева это слово означало неметаллы. В резких случаях два рода легко различить, как медь и серу. Но во многих частных случаях разница размыта, и потому, предупреждает Менделеев, она не может служить точным способом разделить простые тела на две группы. Хороший пример — графит из карандаша: он вовсе не металл, но у него серый блеск, и он проводит электричество достаточно хорошо, чтобы его применяли в батарейках.

Затем Менделеев проводит перекличку. В его время признавали около восьмидесяти простых тел, хотя о шести из них сведения были ещё скудны, потому что они так редки и получены в таких крошечных количествах. Лишь небольшое их число составляет обычные тела природы, и они изучены лучше всего, просто потому, что с ними могли работать очень многие.

≈ 80 ИЗВЕСТНО



Четырнадцать самых обычных

Самых распространённых — около четырнадцати. Водород есть в воде и в живых существах; углерод — в живых существах, каменном угле и известняке; азот — в воздухе и в живых существах. Кислород есть в воздухе, воде и земле, и его общая масса больше всех. Далее идут натрий, в поваренной соли; магний, в морской воде; алюминий, в глине; кремний, в песке; фосфор, в костях и золе растений; сера, в гипсе и морской воде; хлор, в соли; калий, в селитре и золе растений; кальций, в известняке; и железо, в почве, рудах и живых существах. стакан водопроводной воды, щепотка соли и карандаш уже кладут вам в руки пять из них: водород, кислород, натрий, хлор и углерод.

Вторая группа реже встречается в природе, но широко применяется в быту и промышленности. Здесь стоят медь, цинк в латуни и гальванических элементах, никель для покрытия других металлов, серебро, олово, платина, золото, ртуть и свинец. Здесь же литий и иод, применяемые в медицине и фотографии, бром, бурая летучая жидкость, и мышьяк, белое соединение которого — яд. Другие в этой группе окрашивают: кобальт даёт синее стекло, кадмий — жёлтую краску, а стронций — красный цвет фейерверков. Аккумулятор в вашем телефоне работает на литии, одном из веществ менделеевского списка того, что применяется в быту.

В БЫТУ

Cu Zn Ni Ag Sn Pt Au Hg Pb Li

РЕЖЕ

Ti V W U Ga Ge Cs

ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ

БЕЗ СОЕДИНЕНИЙ

He Ne Ar Kr Xe

РАДИОАКТ.

Ac Po Ra

Ходовые, редкие, инертные, радиоактивные

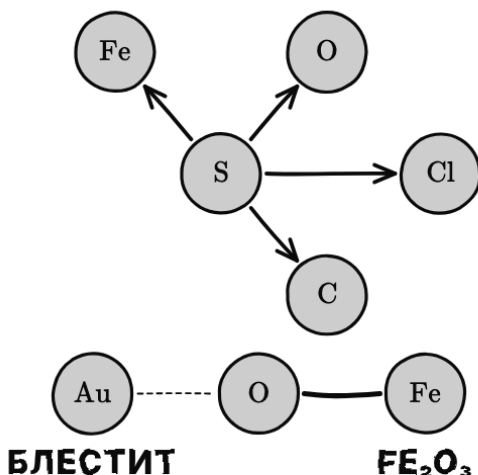
Третья группа хорошо известна и встречается довольно часто, хотя в малых количествах и с меньшим применением: титан, ванадий, вольфрам, уран и другие. Четвёртая ещё реже, исследована довольно подробно, но пока не имеет практического применения: галлий, германий, цезий и множество других. Затем идёт поразительная группа газов, открытых Рамзаем и присутствующих в малых количествах в воздухе: гелий, неон, аргон, криптон и ксенон. Они отличаются от всех остальных тем, что никому не удалось заставить их образовать хоть одно соединение с каким-либо другим элементом. Было также некоторое основание причислить металлы актиний, полоний и радий, последний из которых открыла госпожа Кюри, найденные в так называемых радиоактивных веществах, подмешанных в малых количествах к рудам урана и тория. Кроме этих, перечислялись ещё несколько, но они были так редки, что даже не было решено, действительно ли некоторые из них самостоятельны. Неоновая вывеска над магазином и аргон внутри многих лампочек используют эти газы именно потому, что они почти ни с чем не реагируют.

Встречаются ли простые тела только на Земле? Нет: изучая свет далёких звёзд, учёные доказали, что многие из самых обычных простых тел, такие как водород, натрий, магний и железо, есть и там. Значит, одни и те же кирпичики простираются далеко по вселенной. Почему одних из них настолько больше, чем других, говорит Менделеев, пока никто не знал.

СРОДСТВО



Н Na Mg Fe
В ЗВЁЗДАХ



Те же кирпичики, разный аппетит

Отличительная черта каждого элемента — его готовность соединяться с другими, образуя соединения, более или менее прочные, которые могут соединяться в ещё более сложные. Сера легко соединяется с металлами, с кислородом, с хлором и с углём. Серебро и золото соединяются неохотно, и многие их соединения непрочны и распадаются при нагревании. Причина, которая побуждает вещества к химическому превращению и затем удерживает разные элементы вместе в их соединении, называется сродством, или химическим сродством. Золотые украшения веками остаются блестящими, а железные ворота ржавеют за одну зиму: вот разница в сродстве, ощутимая в повседневной жизни.

Что это за сила, сродство? Оно только притягивает, как тяготение, и потому некоторые учёные, среди них Бергман и Бертолле, думали, что это и есть тяготение, только действующее на мельчайших расстояниях. Но тяготение зависит только от масс и расстояния, а сродство сильно зависит от того, какие это вещества. Не то же это и что сцепление, сила, которая держит вместе одно вещество, придаёт кристаллу форму и заставляет жидкость собираться в капли, потому что сродство действует между разными веществами. Не то же это и что липкость, от которой две полированные пластинки слипаются или вода смачивает стекло: при слипании каждое остаётся самым собой, а при химическом превращении одно вещество проникает в другое и образуется нечто новое. Эти силы прилипания, действующие лишь при полном соприкосновении, — своего рода мост между механическими и химическими силами.

Долгое время, особенно в первой половине девятнадцатого века, химические силы считали электрическими. Связь здесь тесная: химические превращения производят электричество, а электрический ток может разлагать соединения. Но теплота связана с химией так же тесно, ведь реакции выделяют тепло, а тепло может разлагать вещества. Это лишь показывает единство сил природы, то, как одна может порождать другую; а электрическая теория не выдержала проверки.

Природа химической силы до сих пор так же скрыта, говорит Менделеев, как природа тяготения. Но астрономия научилась подробно предсказывать небо, не зная, что такое тяготение, и так же есть надежда для химии через теорию теплоты, лучше всего понятое из всех молекулярных явлений. Эта молодая область, которую Менделеев предпочитает называть химической

механикой, ещё разрабатывается. Она предполагает, что вы уже знаете вещества, их превращения и то, что их сопровождает, и потому может прийти только после основных понятий и веществ химии, которые и составляют главную цель его книги.

Запомним

Металлы блестят, гнутся и проводят тепло и электричество, у металлоидов этих признаков нет, но граница между ними размыта и не может точно разделить простые тела. Было известно около восьмидесяти простых тел, и небольшое их число, с кислородом во главе, составляет большую часть природы, а другие служат промышленности и медицине. Те же простые тела находятся в далёких звёздах, так что они простираются далеко по вселенной. Каждый элемент отличается своей готовностью соединяться, а сила, стоящая за этим, химическое сродство, — не тяготение, не сцепление, не липкость и не электричество. Её природа всё ещё скрыта, и её изучение, химическая механика, должно идти после того, как известны сами вещества.

Вопросы

1. Почему Менделеев говорит, что деление на металлы и металлоиды не может точно разделить простые тела?
 - а. Потому что металлы и металлоиды весят одинаково.
 - б. Потому что было известно лишь немного простых тел.

- с. Потому что во многих частных случаях разница в блеске, ковкости и проводимости размыта.
 - д. Потому что металлоиды можно превратить в металлы нагреванием.
- 2. Что показало изучение света далёких звёзд о простых телах?
 - а. Что обычные простые тела, такие как водород, натрий и железо, есть и там.
 - б. Что звёзды состоят из совсем других простых тел.
 - с. Что внутри звёзд простые тела превращаются друг в друга.
 - д. Что в звёздах существуют только газы.
- 3. Почему химическое сродство не может быть просто тяготением, действующим на малых расстояниях?
 - а. Потому что сродство отталкивает вещества, а тяготение притягивает.
 - б. Потому что тяготение действует только на Земле.
 - с. Потому что сродство действует только на солнечном свету.
 - д. Потому что тяготение зависит только от массы и расстояния, а сродство сильно зависит от того, какие вещества встретились.
- 4. Чем химическое превращение отличается от слипания двух полированных пластинок?
 - а. Слипанию нужно тепло, а химическому превращению — нет.

- б. При химическом превращении одно вещество проникает в другое и образуется нечто новое; при слипании каждое остаётся самим собой.
- с. Слипание бывает только между металлами.
- д. Разницы нет: и то и другое — сродство.

Ответы

- 1. **с)** В резких случаях, как медь и сера, два рода легко различить, но во многих случаях признаки размыты, так что деление лишь приблизительное.
- 2. **а)** Свет далёких звёзд показал там же самые обычные земные простые тела, так что одни и те же кирпичики простираются далеко по вселенной.
- 3. **д)** Тяготению безразлично, из чего сделано тело; сродству — нет: сера соединяется охотно, золото — неохотно.
- 4. **б)** Когда вещи слипаются, каждая остаётся тем, чем была; при химическом превращении одно вещество проникает в другое и образуется новое вещество.

Задачи

- 1. Друг говорит, что химические силы должны быть электрическими, раз батарейки делают электричество из химикатов, а ток может разлагать соединения. Что ответил бы Менделеев?

Подсказка: Подумайте, как с химическим превращением связана и теплота.

Ответ: Связь действительно есть, но теплота связана так же тесно: реакции выделяют тепло, а тепло может разлагать вещества. Эти связи показывают единство сил природы, то, как одна порождает

другую, а не то, что химическая сила есть электричество; электрическая теория при проверке не устояла.

2. Золотые кольца веками остаются блестящими, а железо быстро ржавеет. Объясните это с помощью понятия сродства.

Подсказка: Сравните, насколько охотно каждый металл соединяется с другими элементами.

Ответ: Каждый элемент отличается своей готовностью соединяться. Железо охотно соединяется с кислородом воздуха и ржавеет, а золото соединяется неохотно, и его соединения непрочны, поэтому золото остаётся таким, как есть.

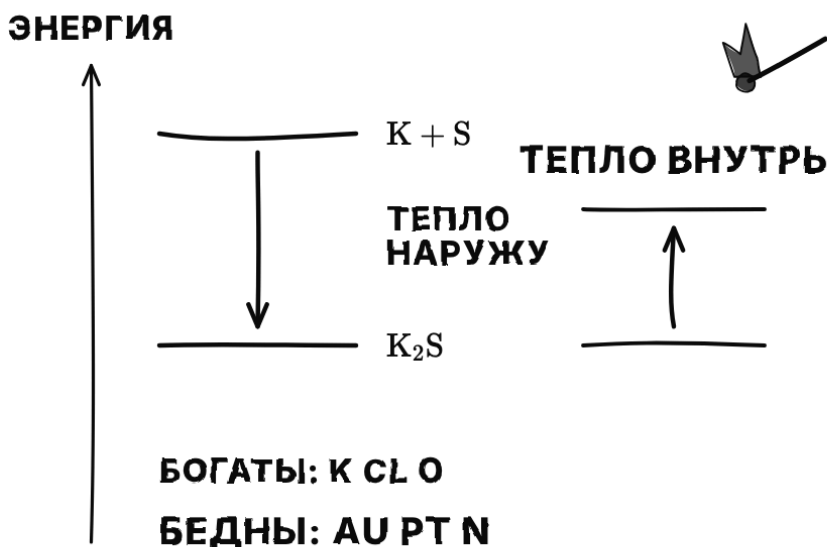
3. Почему Менделеев ставит химическую механику после изучения веществ, а не в начало?

Подсказка: Что химическая механика принимает как данное?

Ответ: Химическая механика изучает силы и энергию, стоящие за химическим превращением, и предполагает, что вы уже знаете вещества, превращения, которым они подвергаются, и то, что их сопровождает. Поэтому она может прийти только после основных понятий и веществ химии.

Энергия, запасённая в веществах

Чиркните спичкой. На миг кажется, что ничего не происходит, потом вспыхивает пламя и отдаёт тепло и свет, которых секунду назад нигде не было видно. Где же они прятались? Ответ Менделеева: вещества несут скрытый запас энергии, и всякое химическое превращение часть его тратит или пополняет.



Скрытый запас энергии

Его рассуждение идёт так. Химические превращения происходят от сил внутри веществ и всегда связаны с движением крошечных частиц. Физика показала, что энергия никогда не теряется, а

лишь переходит из одного вида в другой. Значит, вещества, и элементы в особенности, должны хранить запас химической энергии, своего рода невидимое движение, побуждающее их реагировать. Когда реакция выделяет тепло, часть этой химической энергии перешла в теплоту. Когда реакция поглощает тепло, часть этого тепла спряталась в виде химической энергии. Аккумулятор телефона — как раз такой запас: зарядка вталкивает энергию в его вещества, а пользование телефоном позволяет веществам снова её тратить.

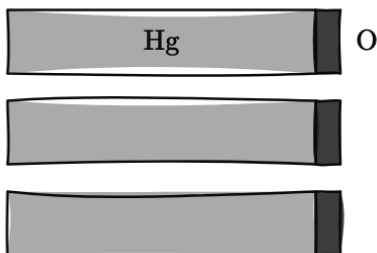
После нескольких соединений, каждое из которых выделяет тепло, сложное тело может истратить большую часть своего запаса и стать вялым, неохотно вступающим в реакции. И всё же даже такое уставшее соединение иногда может соединиться с энергичным веществом и образовать новое, ещё более сложное тело, снова готовое к реакциям. Среди простых тел у золота, платины и азота энергии мало, а у калия, хлора и кислорода — очень много. Когда соединяются два очень несходных вещества, продукт часто обладает меньшей энергией, чем каждое из них. Калий и сера, если их нагреть, оба легко горят на воздухе. Но их соединение, хотя ещё может поглощать кислород, не горит на воздухе, как его части, потому что большая часть их энергии ушла в виде тепла, когда они соединялись. Как тепло поглощается или выделяется, когда лёд тает или вода замерзает, так и всякое химическое превращение меняет запас химической энергии, и тепло при этом входит или выходит.

Что же нужно знать, чтобы понимать химию как своего рода механику, следить, как идут реакции? Менделеев называет пять вещей. Первое — стехиометрия, часть химии, изучающая пропорции по весу и по объёму, в которых вещества реагируют.

Второе — разные виды и классы химического взаимодействия.
Третье — как меняются свойства при изменении состава.
Четвёртое — явления, сопровождающие химическое превращение. И пятое — условия, при которых идут реакции.

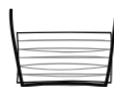
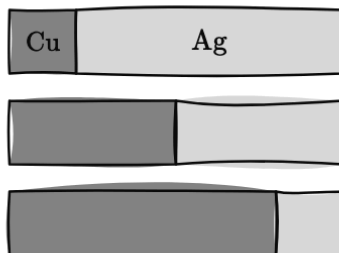
Из них стехиометрия разработана гораздо лучше всего. Её законы, найденные Дальтоном, Авогадро, Жераром и другими, так глубоко проходят через все части химии, что Менделеев называет всю свою эпоху веком их приложения к частным случаям. Поэтому остальная часть его книги следует законам пропорций. Они даже породили новый способ делить соединения на определённые и неопределённые.

ОПРЕДЕЛЁННЫЕ



вода H_2O

НЕОПРЕДЕЛЁННЫЕ

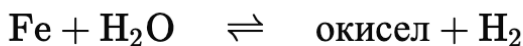


САХАРНАЯ ВОДА

Постоянные и свободные пропорции

В начале девятнадцатого века Бертолле ещё не делал такого различия. Затем Пруст показал, что очень многие соединения содержат свои части в совершенно постоянной весовой пропорции, которая не меняется ни при каких условиях. Пример — красная окись ртути: в ней всегда ртуть и кислород в одной и той же постоянной пропорции, которую выражает её формула. А в сплаве меди и серебра можно добавить сколько угодно любого из металлов, так же как сахарную воду можно сделать сколь угодно сладкой или слабой, и всё равно получится однородное целое. Это неопределённые соединения. Сплавы и растворы так же важны в природе, в лабораториях и на заводах, но так как законы пропорций прилагались больше к определённым соединениям, знания о неопределённых были ещё скудны. Кофе с сахаром — неопределённая смесь, которую подбирают по вкусу; вода в нём, всегда из тех же двух элементов в той же пропорции, — определённое соединение.

Для химической механики также важно отличать обратимые реакции от необратимых. Соль растворяется в воде при комнатной температуре, и при той же температуре раствор может отдать соль обратно, когда вода испаряется. Железо при известном жаре отнимает кислород у воды и освобождает водород; но при том же жаре водород может отнять кислород обратно и снова дать железо и воду. Когда реакция может идти в обе стороны, то, с какой стороны ни начни, в конце будут все вещества вместе, в равновесии, химическом равновесии. Добавьте больше одного вещества, и равновесие сдвинется, так что обратимые реакции позволяют химикам изучать, как количество вещества направляет превращение.



РАВНОВЕСИЕ

порох $\longrightarrow$ газы + дым

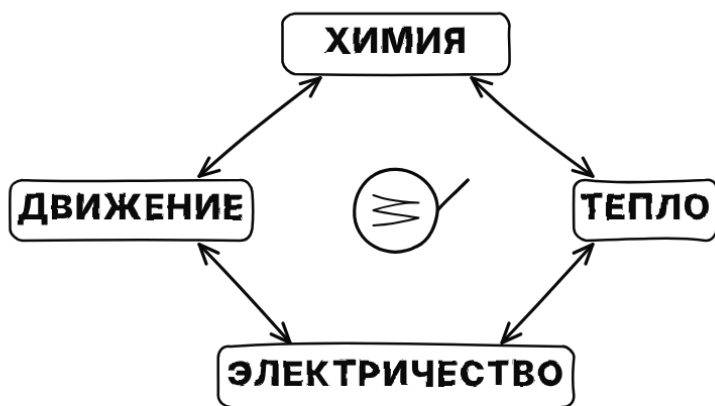
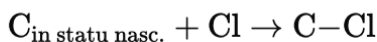
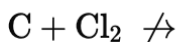


В обе стороны или в одну

Другие реакции идут только в одну сторону. Многие сложные вещества растений и животных распадаются от жара, и их части никогда не соединяются вновь ни при какой температуре. Порох, смесь селитры, серы и угля, сгорает в газы и дым, которые никогда не превращаются обратно в порошок. Испечённый пирог необратим именно в этом смысле: никакой режим духовки не превратит его обратно в муку, яйца и сахар.

Даже когда два вещества не соединяются прямо, может найтись обходной путь. Хлор не реагирует ни с углём, ни с графитом, ни с алмазом, и всё же существует много прочных соединений хлора с углеродом. Их получают, действуя хлором на соединения углерода с водородом: хлор отнимает водород, а углерод,

освобождённый в тот самый миг, соединяется с частью хлора. Химики объясняют это тем, что вещество в момент выделения, в состоянии рождения, особенно готово соединяться.



ТЕОРИИ ПОКА НЕТ

Силы переходят друг в друга

Наконец, химические превращения производят движение, теплоту, свет, электрическое напряжение и ток, и всё это в свою очередь может изменять химические реакции. Это двустороннее движение естественно, говорит Менделеев, потому что все явления природы — лишь разные виды движения, видимого или невидимого. Звук, а потом и свет оказались колебаниями. Связь между теплотой и механической работой стала несомненной, и оказалось, что каждой единице теплоты соответствует определённое количество работы. А динамо-машина, например

машина Грамма, даёт ток, если её вращать, а если пропустить через неё ток, она вращается. Электровелосипед показывает ту же двустороннюю связь: его мотор вращает колёса от аккумулятора, а у некоторых моделей при торможении мотор становится динамо и снова заряжает аккумулятор.

Поэтому химическая механика должна строиться на этих связях между химией, физикой и механикой. Но Менделеев откровенен: из-за сложности и новизны предмета у него ещё нет стройной теории, нет даже удовлетворительной гипотезы. Поэтому он оставляет её физической химии как особой отрасли науки и не останавливается на ней в своей книге.

Запомним

Вещества хранят запас химической энергии, скрытое движение, побуждающее их реагировать, и всякая реакция меняет этот запас, выделяя или поглощая тепло. Одни простые тела, как калий, хлор и кислород, богаты энергией, другие, как золото, платина и азот, бедны, а соединения несходных веществ часто менее энергичны, чем их части. Законы пропорций, самая разработанная часть химии, отделяют определённые соединения постоянного состава от неопределённых, как сплавы и растворы. Одни реакции могут идти в обе стороны и приходить к равновесию, другие — только в одну, а вещества, не соединяющиеся прямо, могут соединиться в состоянии рождения. Химические, тепловые, электрические и механические явления переходят друг в друга, но у химической механики всё ещё нет удовлетворительной теории.

Вопросы

1. Калий и сера оба легко горят на воздухе, а их соединение — нет. Почему?
 - a. Потому что в соединении больше нет ни калия, ни серы.
 - b. Потому что большая часть их химической энергии ушла в виде тепла, когда они соединялись.
 - c. Потому что соединение слишком тяжело, чтобы гореть.
 - d. Потому что воздух не может проникнуть внутрь соединения.
2. Что делает красную окись ртути определённым соединением, а сплав меди с серебром — неопределённым?
 - a. Окись всегда содержит свои части в одной и той же постоянной пропорции, а сплав можно сделать в любой пропорции.
 - b. Окись красная, а сплав серебристый.
 - c. Окись можно разложить, а сплав вовсе нельзя разделить.
 - d. Окись встречается в природе, а сплав — только на заводах.
3. Что происходит в обратимой реакции, если начать с любой стороны?
 - a. Реакция останавливается, едва начавшись.
 - b. Появляются только продукты, но никогда исходные вещества.
 - c. В конце все вещества оказываются вместе в равновесии.
 - d. Вещества превращаются в неопределённое соединение.

4. Хлор не реагирует ни с углём, ни с графитом, ни с алмазом. Как же всё-таки получают соединения хлора с углеродом?
- a. Нагревая хлор с алмазом, пока тот не расплавится.
 - b. Пропуская электрический ток через уголь.
 - c. Смешивая хлор со сгоревшим порошком.
 - d. Действуя хлором на соединения углерода с водородом, так что освобождённый углерод соединяется с хлором в состоянии рождения.

Ответы

1. **b)** Когда несходные вещества соединяются, часть их запаса энергии выделяется в виде тепла, поэтому у продукта энергии меньше, чем у его частей.
2. **a)** Пруст показал, что у многих соединений постоянная весовая пропорция, которая никогда не меняется, а в сплаве или растворе количества можно менять свободно.
3. **c)** Поскольку реакция может идти в обе стороны, начав с любой пары, в конце получаешь все вещества вместе — химическое равновесие.
4. **d)** Хлор отнимает водород, а углерод, освобождённый в этот момент, особенно готов к соединению и соединяется с частью хлора.

Задачи

1. Реакция выделяет много тепла. Что, говоря языком Менделеева, произошло с химической энергией веществ?

Подсказка: Энергия не теряется и не создаётся, а только меняет вид.

Ответ: Часть запаса химической энергии веществ перешла в теплоту. Поэтому продукты содержат меньше химической энергии, чем исходные вещества, и чтобы обратить превращение, эту энергию пришлось бы вложить обратно.

2. Приведите из лекции один пример обратимого и один пример необратимого превращения и объясните разницу.

Подсказка: Спросите, могут ли продукты при той же температуре дать обратно исходные вещества.

Ответ: Растворение соли в воде обратимо: при той же температуре испарение возвращает соль и воду. Горение пороха необратимо: его газы и дым никогда, ни при какой температуре, не превращаются обратно в селитру, серу и уголь.

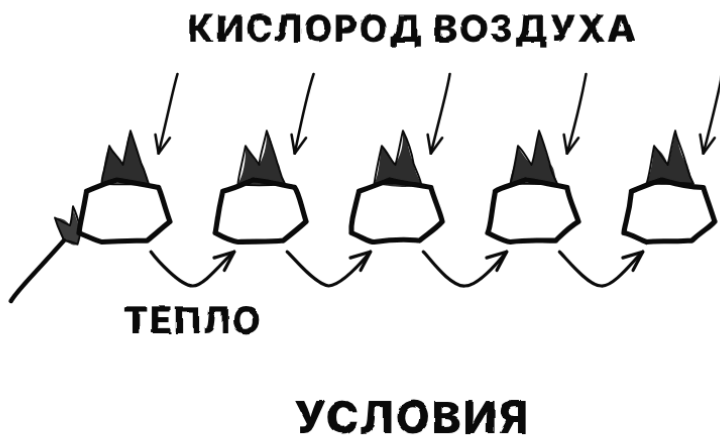
3. Почему Менделеев не строит свою книгу на химической механике, хотя считает её важной?

Подсказка: Что он говорит о состоянии её теории?

Ответ: Потому что предмет очень сложен и нов, у него ещё нет стройной теории и даже удовлетворительной гипотезы. Поэтому он оставляет её физической химии как особой отрасли и строит свою книгу на законах пропорций, которые хорошо установлены.

Решают жар и ток

Кусок угля может годами лежать на открытом воздухе и не загореться. А ведь нужный ему кислород всё время его касается. Подержите спичку у одного угла, пока он не затлеет, и огонь сам распространится, пока не останется одна зола. Значит, иметь нужные вещества недостаточно: должно подходить и что-то ещё. Это что-то Менделеев называет условиями реакции.

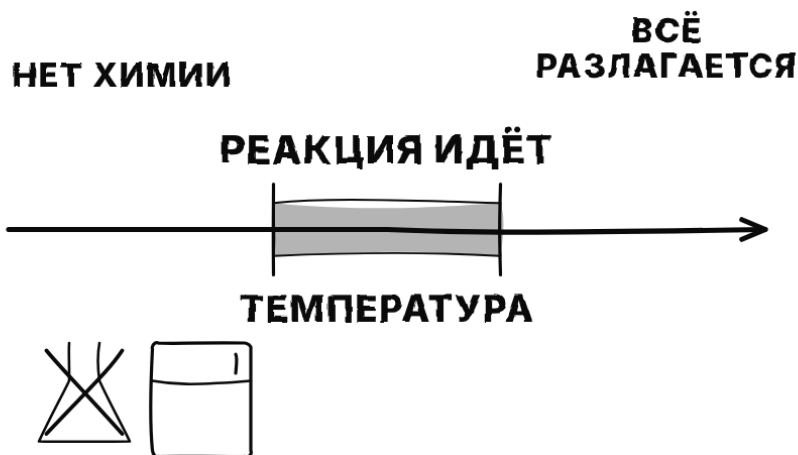


Тепло передаёт огонь дальше

Уголь он объясняет так. Раскалённая часть соединяется с кислородом воздуха, и это соединение выделяет тепло. Тепло

раскаляет следующую часть, и та горит лишь потому, что сначала нагрелась. Так и каждая реакция идёт лишь при известных физических, механических и иных условиях, часто совсем не похожих на обычные условия, в которых вещества лежат вокруг нас. Мангал показывает это каждое лето: угли лежат холодными в мешке, и только пламя зажигалки запускает цепочку.

Первое и важнейшее условие — температура. Соединения происходят только в известных пределах температуры, а вне их не происходят вовсе. Горение начинается только тогда, когда топливо нагрето; и, как ни удивительно, некоторые соединения хлора или поваренной соли с водой образуются только ниже точки замерзания и снова распадаются при нагревании.



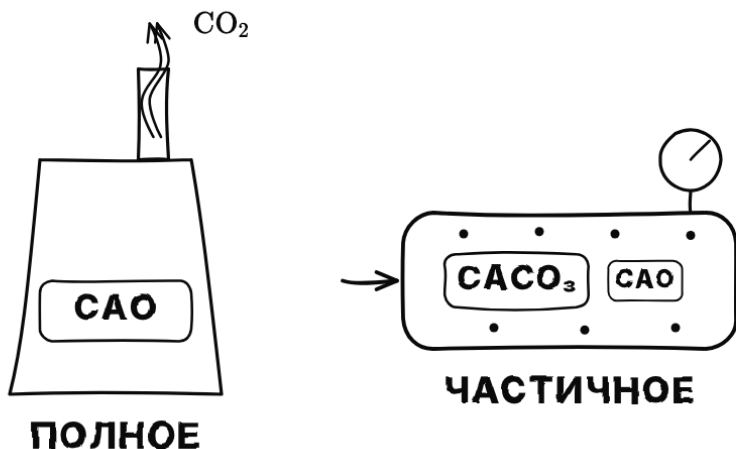
У каждой реакции своё окно

Почему тепло помогает реакции? Менделеев называет две причины. Тепло может превратить твёрдое тело в жидкость или пар, а жидкость позволяет частицам вполне соприкаться, что нужно для реакции. И тепло ослабляет сцепление, внутреннюю связь между частицами одного вещества, так что они легче расходятся и могут образовать новые соединения. Когда реакции действительно нужно тепло, как разложению, потребность очевидна. Да и все соединения распадаются, если жар достаточно силён, как красная окись ртути и дерево, которые мы видели раньше. Некоторые разлагаются при довольно умеренном нагреве: гремучая ртуть в ружейном капсюле разлагается чуть выше температуры кипения воды, а многие ткани растений и животных распадаются в обычной печи.

Холод действует наоборот. При очень низких температурах никакого химического превращения не происходит вовсе; растения прекращают свою химию в зимний мороз. Рауль Пикте, пользуясь сильнейшим холодом кипящих сжиженных газов, нашёл, что даже бурные реакции, как кислоты с едким натром или с металлическим натрием, не происходят при достаточном холоде, и что лакмус даже не меняет цвета. Значит, у каждой реакции свой интервал температур, и на палящем солнце или на ледяной луне многие превращения, которые мы видим на Земле, наверняка не могут идти. Ваша морозилка работает именно на этой мысли: еда хранится месяцами, потому что химия порчи на холоде почти останавливается.

Для обратимых реакций у тепла есть особый урок. Нагрейте соединение, которое может снова образоваться из своих продуктов, и когда начнётся разложение, оно не дойдёт сразу до конца. Распадается лишь часть, а остальное остаётся целым;

поднимите температуру, и распадётся большая часть; при каждой температуре есть постоянная доля распавшегося к нераспавшемуся, пока наконец не распадётся всё. Это частичное разложение от тепла называется диссоциацией; это понятие ввёл в науку Анри Сент-Клер Девиль.



$\text{гипс} \rightleftharpoons \text{гипс с меньшей водой} + \text{вода}$

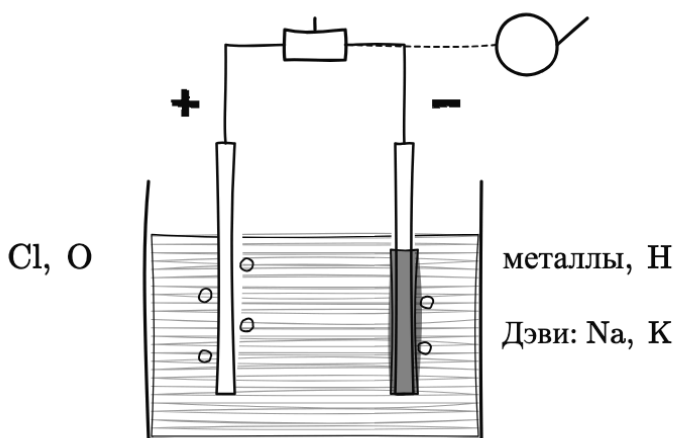
Открытая печь, запаянный ствол

Известняк показывает, как это работает. В известковой печи камень разлагается полностью на известь и углекислый газ, потому что газ может уйти в трубу. Но запаяйте тот же камень плотно в ружейный ствол и нагрейте, и разложится лишь часть, потому что газу некуда уйти. Разложение останавливается, когда запертый газ достигает наибольшего давления, свойственного этой температуре. Накачайте ещё газа, и известь с газом снова

начнут соединяться; выпустите часть, и разложение возобновится. Это совсем как испарение воды в закрытой банке: оно прекращается, когда пар становится так плотен, как позволяет эта температура, и начинается снова, если выпустить часть пара. Банка с завинчивающейся крышкой, наполовину полная воды, — кухонный вариант: с закрытой крышкой уровень перестаёт падать, как только воздух над водой вбирает столько пара, сколько может; снимите крышку, и вода медленно продолжает испаряться.

Иногда у превращения даже есть точная температура, как точка плавления или кипения. Природный гипс, запаянный так, чтобы его вода не могла уйти, выше известной температуры распадается во влажную кашицу: большая часть его воды выходит жидкостью, и остаётся гипс с гораздо меньшим количеством воды. Охладите его ниже этой температуры, и снова образуется исходный гипс. Переход так резок, что его можно заметить по внезапному изменению объёма. Алебастр для слепков делают нагреванием гипса, и он снова твердеет, если смешать его с водой.

Второе великое условие — электричество, и его влияние во многом похоже на влияние тепла. Большинство соединений, проводящих электрический ток, разлагаются им, и, как и с теплом, соединение часто происходит близко к условиям разложения. Электричество, говорит Менделеев, следует рассматривать как другой вид движения мельчайших частиц, подобный теплоте. Его великое преимущество в том, что оно может разлагать даже самые прочные соединения при обычной температуре.



ЭЛЕКТРООТРИЦ.

ЭЛЕКТРОПОЛОЖ.

Ток разбирает части

И оно делает то, чего тепло никогда не делает: части появляются в разных местах, у двух полюсов, или электродов, где ток входит и выходит. Вещества, собирающиеся у положительного полюса, в основном неметаллы, как хлор и кислород, и кислоты, называются электроотрицательными. Металлы и водород собираются у отрицательного полюса и называются электроположительными. Зарядка автомобильного аккумулятора — это такая сортировка в действии: ток гонит каждую часть веществ обратно к своему электроду.

Разложение соединений током привело к некоторым из величайших открытий химии. Лавуазье и его современники не могли разложить соединения калия и натрия с кислородом.

Англичанин Дэви сделал это гальваническим током и собрал у отрицательного полюса сами металлы калий и натрий. Во времена самого Менделеева динамо-машины, приводимые в движение топливом или силой воды, сделали ток дешёвым, и способ Дэви вошёл в завод: натрий из расплавленного едкого натра и хлор из растворов поваренной соли.

Запомним

Реакция зависит не только от веществ, но и от условий вокруг них; уголь нужно нагреть, прежде чем он загорится. У каждой реакции свой интервал температур: тепло помогает, сводя частицы и ослабляя сцепление, сильный жар разлагает всякое соединение, а сильный холод вовсе останавливает химию. В обратимых реакциях тепло вызывает диссоциацию, частичное разложение, которое устанавливается на постоянной доле для каждой температуры и зависит от того, могут ли продукты уйти. Электрический ток действует во многом как тепло, разлагая соединения даже при комнатной температуре, причём неметаллы идут к положительному полюсу, а металлы и водород — к отрицательному. С помощью тока Дэви впервые получил калий и натрий, а динамо-машины позже сделали этот способ заводским.

Вопросы

1. Уголь годами лежит на воздухе не сгорая, но сгорает целиком, если поджечь один угол. Почему огонь не гаснет?
 - a. Горящая часть выделяет тепло, которое нагревает следующую часть настолько, что та загорается.
 - b. Спичка добавляет особое вещество, которое расходуется по углю.
 - c. Когда начинается огонь, воздух становится богаче кислородом.
 - d. Уголь превращается в жидкость, которая легче горит.
2. Известняк в известковой печи разлагается полностью, а запаянный в нагретый ружейный ствол — лишь частично. Почему?
 - a. Ружейный ствол никогда не бывает так горяч, как печь.
 - b. Железо ствола соединяется с известью.
 - c. В печи углекислый газ уходит, а в запаянном стволе он накапливается, пока разложение не остановится.
 - d. Известняк в закрытом пространстве превращается вместо этого в гипс.
3. Почему многие реакции, которые мы видим на Земле, наверняка не идут на Луне?
 - a. Потому что на Луне нет газов без кислорода.
 - b. Потому что на Луне нет электричества.
 - c. Потому что вещества на Луне — другие элементы.
 - d. Потому что каждой реакции нужен свой интервал температур, а на Луне слишком холодно.

4. Что происходит, когда электрический ток разлагает соединение, чего никогда не бывает при нагревании?
- a. Соединение становится тяжелее.
 - b. Части появляются у разных полюсов: неметаллы у положительного, металлы и водород у отрицательного.
 - c. Соединение превращается в простое тело без всяких продуктов.
 - d. Все части собираются вместе у положительного полюса.

Ответы

1. a) Соединение с кислородом выделяет тепло, и это тепло раскаляет следующую часть; каждая часть горит лишь потому, что сначала нагрелась.
2. c) Диссоциация идёт до конца, только если продукт может уйти; запертый газ достигает наибольшего для этой температуры давления, и разложение останавливается.
3. d) При очень низких температурах химическое превращение прекращается, как показал Пикте, так что лунный холод исключает многие земные реакции.
4. b) При токе части разделяются у двух электродов: электроотрицательные вещества у положительного полюса, электроположительные, как металлы, у отрицательного.

Задачи

1. Известь и углекислый газ заперты в нагретом сосуде, где часть известняка диссоциировала. Что будет, если накачать ещё углекислого газа, и что — если выпустить часть?

Подсказка: Сравните с паром над водой в закрытой банке.

Ответ: Если накачать газа, известь и газ снова соединятся в известняк; если выпустить газ, разложится больше известняка. Как при испарении, для каждой температуры есть наибольшее давление, и превращение идёт к нему.

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

Подсказка: Подумайте, что тепло делает с твёрдым телом и со связью между его частицами.

Ответ: Тепло может превратить твёрдое тело в жидкость или пар, что позволяет частицам вполне соприкасаться, как нужно для реакции. И тепло ослабляет сцепление, внутреннюю связь между частицами одного вещества, так что они легче расходятся и могут образовать новые соединения.

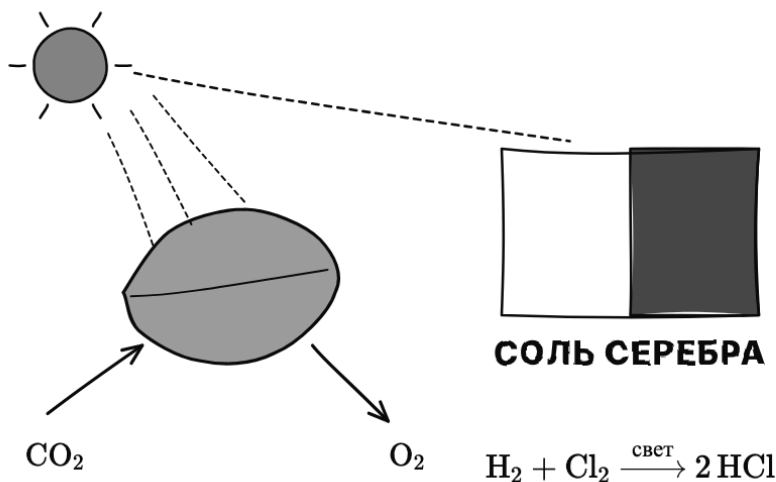
3. Почему Лавуазье не мог получить калий и натрий, а Дэви смог?

Подсказка: Что мог сделать электрический ток, чего не могло тепло?

Ответ: Соединения калия и натрия с кислородом слишком прочны, чтобы их можно было разложить способами времён Лавуазье. Дэви применил гальванический ток, который может разлагать даже самые прочные соединения, и собрал металлы у отрицательного полюса.

Свет, удар, время и соприкосновение

Оставьте комнатное растение на солнечном подоконнике, и оно тихо сделает то, чего не могла повторить ни одна лаборатория времён Менделеева. Оно берёт углекислый газ, который нелегко разложить ни теплом, ни током, разлагает его на свету и выделяет кислород. Тепло и электричество — не единственные условия, направляющие химию; Менделеев заканчивает своё введение ещё четырьмя.



Свет разлагает и соединяет

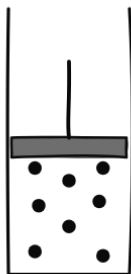
Первое — свет. Свет может разлагать некоторые непрочные соединения, и на этом свойстве некоторых солей серебра основана фотография. Колебания, составляющие свет, несут очень мало механической работы, поэтому в обычных условиях он разлагает только непрочные соединения. Но в растениях свет производит множество разложений и соединений, многие из которых ещё не воспроизведены никакими искусственными средствами, и это оставалось нерешённой задачей химии. Свет может и заставлять вещества соединяться: хлор соединяется с водородом не только при нагревании, но и на свету. Очки, темнеющие на ярком солнце, обязаны своим фокусом такому же светочувствительному соединению серебра, как и старая фотография.

Второе — механическое действие. Некоторые вещества распадаются от одного трения или удара, например йодистый азот и гремучая ртуть в ружейном капсюле, которую воспламеняет удар курка. Трение заставляет серу гореть за счёт кислорода, содержащегося в бертолетовой соли. Важно и давление, прежде всего для газов: сжатие газа теснит его частицы, так что разные вещества встречаются гораздо чаще, и сжатый водород сильнее действует на иод и на многие растворы солей. Чиркнуть безопасной спичкой — это механическое действие в работе: трение головки о коробок запускает реакцию, которая затем питает сама себя.

УДАР



ДАВЛЕНИЕ



ВРЕМЯ



Удар, давление, время

Третье — время. Вещества должны сначала прийти в соприкосновение, как когда твёрдое тело горит только с поверхности и к нему всё время должен поступать свежий воздух. И даже после полного соприкосновения превращению внутри нужно время, и оно идёт с определённой скоростью. Пример Менделеева — вино. Молодое вино содержит кислоты и спирт по отдельности; с возрастом они медленно реагируют и дают воду и душистые сложные эфиры, букет вина. Эта реакция медленна при обычной температуре и обратима, а её скорость зависит от температуры и других условий. Большинство же резких реакций, которые встречает начинающий, идут так быстро, что время обычно не принимают в расчёт.

Четвёртое — состояние соприкосновения. Чем больше точек соприкосновения, тем энергичнее реакция. Серная кислота почти не поглощает некий маслянистый газ, если они просто соприкасаются, но при долгом взбалтывании поглощает, потому что точек соприкосновения становится чрезвычайно много. Твёрдые тела нужно как можно мельче растереть и хорошо перемешать, чтобы они прореагировали полно и быстро. Бельгийский химик Спринг показал, что порошки твёрдых тел, не реагирующие при комнатной температуре, реагируют под огромным давлением: сера тогда соединяется со многими металлами, а порошки металлов образуют сплавы. Значит, реагировать могут даже твёрдые тела, потому что в любом состоянии вещества частицы сохраняют некоторое внутреннее движение.




ГУБКА РТ

Больше соприкосновения — быстрее превращение

Менделеев добавляет тонкое замечание. Частицу внутри вещества соседи тянут со всех сторон, а частицу на поверхности — только с одной. Поэтому на поверхности состояние вещества изменено, отчасти как если бы его нагрели. Это объясняет большой класс контактных реакций, вызываемых одним лишь присутствием некоторых веществ, особенно пористых или порошкообразных, как губчатая платина и уголь. Сернистый газ не соединяется с кислородом прямо, но в присутствии губчатой платины соединяется, выделяя тепло. Каталитический нейтрализатор в выхлопной системе автомобиля работает именно на этом начале, заставляя вредные газы реагировать на тонком слое платиновых металлов.

Эти общие представления, говорит Менделеев, получают настоящий смысл только через частные вещества, к которым и обращается теперь книга. И всё же великие законы сохранения вещества и энергии должны были идти первыми, потому что только с ними в руках можно плодотворно изучать подробности.

Запомним

Свет разлагает непрочные соединения, как в фотографии, может заставить хлор и водород соединиться, а в растениях разлагает даже углекислый газ, выделяя кислород. Удары, трение и давление могут начинать реакции, а давление сводит частицы газа чаще. Реакциям нужно время, как медленному созреванию букета вина, хотя самые резкие идут так быстро, что время обычно не учитывают. Больше точек соприкосновения — быстрее реакции, а поверхности веществ вроде губчатой платины могут вызывать реакции одним своим присутствием. Все эти подробности опираются на два великих закона, установленных вначале: вещество и энергия никогда не создаются и никогда не теряются.

Вопросы

1. Почему в обычных условиях свет может разлагать только некоторые непрочные соединения?
 - а. Потому что колебания света несут очень мало механической работы.

- b. Потому что свет не проходит сквозь большинство веществ.
 - c. Потому что свет действует только при очень низких температурах.
 - d. Потому что только серебро может поглощать свет.
2. Почему долгое взбалтывание помогает серной кислоте поглотить газ, которого она почти не касается в покое?
- a. Взбалтывание нагревает кислоту до кипения.
 - b. Взбалтывание превращает газ в жидкость.
 - c. Взбалтывание сильно увеличивает число точек соприкосновения.
 - d. Взбалтывание удаляет кислород из газа.
3. Почему вино приобретает свой букет только после долгого хранения?
- a. Потому что спирт медленно испаряется.
 - b. Потому что свет медленно проникает в бутылку.
 - c. Потому что виноград продолжает расти внутри вина.
 - d. Потому что его кислоты и спирт медленно реагируют при обычной температуре, давая душистые сложные эфиры.
4. Как губчатая платина заставляет сернистый газ соединиться с кислородом?
- a. Сама платина соединяется с кислородом и расходуется.
 - b. На её поверхности состояние вещества изменено, отчасти как при нагревании, и это запускает реакцию.
 - c. Она испускает электрический ток.

d. Она поглощает свет, нужный для реакции.

Ответы

1. a) Колебания, составляющие свет, несут мало работы, поэтому они могут разложить лишь непрочные соединения, такие как соли серебра в фотографии.
2. c) Чем больше точек соприкосновения, тем энергичнее реакция, а взбалтывание чрезвычайно их умножает.
3. d) Реакция между кислотами и спиртом идёт при обычной температуре с ограниченной скоростью, поэтому душистые эфиры появляются лишь со временем.
4. b) Частицы на поверхности притягиваются лишь с одной стороны, поэтому их состояние изменено, как при нагревании; пористые тела вроде губчатой платины так и запускают контактные реакции.

Задачи

1. Назовите четыре условия, кроме тепла и электричества, которые, по Менделееву, могут направлять химическое превращение, с примером для каждого.

Подсказка: Подумайте о свете, ударе, часах и соприкосновении.

Ответ: Свет, который разлагает соли серебра в фотографии и заставляет хлор соединяться с водородом; механическое действие, например удар, воспламеняющий гремучую ртуть в капсуле; время, как при медленном образовании букета вина; и состояние соприкосновения, как когда взбалтывание или тонкое растирание ускоряет реакцию.

2. Спринг заставил порошки серы и металлов реагировать при комнатной температуре. Как, и что это показывает о твёрдых

телах?

Подсказка: Что он приложил к порошкам?

Ответ: Он сжал их огромным давлением, что сильно увеличило поверхности соприкосновения. Это показывает, что и твёрдые тела могут реагировать, потому что частицы сохраняют некоторое внутреннее движение в любом состоянии вещества.

3. Почему Менделеев вводит законы сохранения вещества и энергии прежде подробностей о частных веществах?

Подсказка: Какую роль они играют в изучении подробностей?

Ответ: Потому что только приняв эти общие законы, можно сделать изучение частных веществ посильным и плодотворным; общие представления получают полный смысл из подробностей, но подробностям нужны законы как их основа.