

## Фриц Х. Юлиус «Основы феноменологической химии» Часть II 1988

### Соли, кислоты и основания

#### *Взгляд на преподавание химии в 10. классе*

#### *Кристаллизация солей*

Исходным пунктом для преподавания химии в этом классе являются соли — вещества, которые, пребывая в кристаллическом состоянии, представляют собой полностью проявившуюся землю, землю хорошо сформированную, упорядоченную и совсем прозрачную.

Данная тема является особо важной для детей этого возраста. Они уже прошли пубертатный период развития; тонкие связи, которые дети имели с космосом, по большей части уже оборвались. Теперь они по-настоящему стали гражданами Земли и должны научиться ориентироваться, опираясь на ясность мышления, в этом, пока еще новом для них пространстве. Их земная жизнь, находящаяся сейчас на первом плане их сознания, должна обрести форму в мышлении. И силы этого мышления должно хватить на то, чтобы упорядочить хаос отдельных явлений, но при этом оно должно быть настолько чувствительным, насколько это необходимо для того, чтобы охватить все удивительное устройство мира в целом.

Эта эпоха должна иметь хорошо оформленную обзорную структуру, учитывающую все богатство явлений, благодаря которой появится возможность не только выводить соответствующие понятия, но даже этими явлениями управлять. Настоящим идеалом стиля этой эпохи может быть благородный, красиво окрашенный кристалл.

Итак, начнем с того, что покажем несколько солей. Для того, чтобы впечатление было как можно более емким и связанным с их характерными особенностями, нужно провести с ними определенные опыты — это будет хорошим началом эпохи. Прозрачное вещество с блестящей поверхностью на фоне листа белой бумаги выглядит не особенно впечатляюще. На черном фоне оно проявляет свою чарующую красоту.

Перед этим можно вырастить кристаллы некоторых солей: поваренной соли, сульфата меди\*, нитрата калия и других. Правильно направив освещение, мы

---

\* [Речь идет о пяти-водном сульфате меди (II) (Купрум (II) сульфате, медном купоросе), здесь и далее

сможем добиться от них великолепного свежего блеска и красоты.

Теперь, когда мы погружаемся в сущность соли, мы должны обратить особое внимание на ее удивительно строгую форму, прозрачность и чистоту. Однако, как такое чудо по-настоящему проявляется тогда, когда мы рассматриваем соли в связи со всей природой в целом. Соли — это земля, тяжесть, застывшая материя, и, тем не менее, она открывается игре света. Само по себе, пространство земли, находящееся под нами, представляет собой нечто глухое, темное и давящее, в то время как свет, существует и действует в очень тонком, ясном мире, находящемся над землей. Сфера света сверху и сфера тяжести снизу — это величайшая из всех противоположностей. Кристалл соли, который, в общем-то, относится к сфере тяжести, тем не менее, открыт излучениям из сферы света.

Мы сами можем поразмышлять о следующем: в давно минувшие времена материя выделилась из световой сферы и уплотнилась. Свет стал разреженным, материя утратила способность светиться изнутри и появилась тяжесть. Так, в том, что вещества в кристаллическом состоянии обладают наибольшей массой, проявляется то, что свет покинул их. Существо кристалла несет в себе воспоминания о свете, и именно поэтому он может производить на нас впечатление полого, пустого тела. И если осветить его так, чтобы он выглядел сияющим изнутри, то можно добиться большого эффекта. Его как бы поднимают после падения и снова приводят в исходное состояние. Этого можно достичь различными способами, например, используя полоску черной бумаги с прорезанными в ней маленькими отверстиями. Перед каждым из них закрепляется по красивому кристаллу. Если теперь затемнить помещение и по очереди осветить каждое из отверстий, то мы увидим, как красиво вспыхивают эти кристаллы. Можно также провести кристаллизацию, например, поваренной соли из ее насыщенного раствора с добавлением концентрированной соляной кислоты на фоне темной подложки при сильном боковом освещении. В этом случае могут появиться великолепные искры, так как кристаллы настолько маленькие, что их невозможно увидеть. Если образуются кристаллы несколько большего размера, то будет видно, как они появляются в виде легких облаков и опускаются вниз, блестящие и чистые, как свежавыпавший снег.

Если вы хотите проводить эксперименты с большими количествами веществ, то

можно взять колбу Эрленмейера вместимостью три литра и налить в нее горячий более или менее насыщенный раствор нитрата калия. Если содержимому дать медленно-медленно остыть в тщательно закупоренном сосуде, то кристаллы примут форму удивительного архитектурного сооружения — великолепные формы, переливающиеся нежными цветами и очень прозрачные.

В процессе кристаллизации вообще, и особенно в процессе кристаллизации поваренной соли, можно увидеть наглядный образ появления первой материи, процесса первоначального уплотнения при переходе от духа к материи. Происходит некое падение, выталкивание из пра-мира, но в удивительной чистоте остается воспоминание о том, что было вначале.

Будет хорошо, если ученики получат возможность в полной мере почувствовать, что в жидком состоянии все находится в скользящем, вихревом движении, и, что кристаллизация чем-то похожа на постоянно повторяющийся протест материи против того, чтобы находиться в жидком состоянии. Из жидкости постоянно выталкивается немного соли, которая приобретает строгие застывшие формы, ограниченные ровными плоскостями; т. е. текучее движение постоянно пресекается. Это особенно отчетливо видно на примере кубических кристаллов, которые характерны для поваренной соли. Т. о. кристаллизация состоит из большого числа необычайно драматичных скачкообразных переходов из одного состояния в другое. Всегда есть переход, который кажется невозможным, но который, тем не менее, происходит.

И вот пришло время отыскать соли в нашем теле. Мы можем обнаружить их, прежде всего, в скелете. Скелет тоже образуется благодаря постоянному отложению и встраиванию в него солевой материи, выделяющейся из текущей крови. Стоит, однако, заметить, что в этом случае соль не принимает своей собственной формы, а полностью подчиняется требованиям тела.

Если вы уверены, что можете подойти к этому ответственно, тогда при рассмотрении кристаллизации поваренной соли можно обратить внимание на то, что перед нами предстает нечто, подобное тому, что разыгрывается в нашем организме как некий тонкий процесс, когда мы формируем мысли. И как земля в кристалле соли открывается свету, так материя в нас должна принять кристаллическую форму, когда наши внутренние органы, можно сказать, хотят стать прозрачными для духовной реальности, выражением которой являются наши мысли.

## *Явления, сопровождающие растворение солей.*

Интенсивно позанимавшись такими вещами несколько дней, перейдем к рассмотрению растворения солей. Например, поместим кристалл в стакан с водой и посмотрим, что с ним произойдет. Кристалл постепенно становится меньше и приобретает закругленные формы. Вода вокруг него окрашивается в его цвет. Соль, которая сначала была заключена в стенки кристалла, выходит и растекается по окружающему его пространству. Это похоже на стремление к бесконечности, к нескончаемому распространению и разбавлению.

Кристаллизация — это постоянный распад на множества, это вид дробления, но это и обособление в границах специфических форм. Если в растворе присутствуют различные соли, то каждая из них при кристаллизации приобретает свою собственную форму. При растворении происходит обратный процесс. Множество кристаллов соли сливаются с водой в одно целое. Очень красивую картину процесса растворения мы увидим, если в верхней части стеклянного цилиндра, наполненного водой, подвесим несколько кристаллов перманганата калия. Их можно, к примеру, приклеить вазелином к плавающей пробке или, по крайней мере, подвесить, завернув в клочок фильтровальной бумаги. Насыщенно-фиолетовый раствор будет опускаться вниз и вызывать при этом множество изящных завихрений. За этим лучше всего наблюдать на фоне ярко освещенной белой подложки. Тогда можно все хорошо рассмотреть и с большого расстояния.

Теперь пришло время предварительно обсудить всевозможные понятия, которые позже необходимо будет сформулировать точнее, чтобы в нужное время появилась возможность проводить расчеты. Растворимость, концентрация, насыщенный, ненасыщенный, пересыщенный раствор, кристаллизационная вода, диффузия, осмос, теплота растворения и кристаллизации, повышение точки кипения, понижение точки замерзания. Здесь следует указать на то, что все эти понятия можно связать с переживанием внутренней динамики явлений, а также на то, что на этой основе позже должны будут развиваться математические обозначения. Если делать это не очень тщательно, то мы будем лишь поддерживать то, что уже и

так чрезмерно культивируется: выстраиваются очень точные понятия, которые дают возможность управлять явлениями на практике, но мало пригодны для того, чтобы вызвать живой образ действительности. Такие понятия в последние столетия все больше отдаляли нас от природы, и мы все больше становились заложниками навязываемых ими мыслей. Наша задача оберегать некое присущее ребенку качество, относящееся к его связи с окружающим миром. Мы должны научить школьников развивать такие мысли, которые не разрывают связь с миром, а поднимают из сферы голых инстинктивных ощущений к сфере, в которой царит сознательная точность.

Конечно же, можно и нужно держать в поле зрения то, что относится к проявлениям жизни и, прежде всего, к человеку. Направление, в котором нужно искать эти вещи, можно определить по нескольким признакам.

Мы уже обсудили взаимосвязь кристаллизации с мышлением, а также с формированием скелета. Кроме того, можно рассмотреть то, как процесс старения сопровождается продолжительным отложением солей в скелете и, в конце концов, в стенках сосудов.

Во время сна растворяется некоторое количество того, что отложилось во время бодрствования. При росте скелета происходит постоянное растворение определенных его частей, в то время как в других местах снова откладывается новая субстанция.

Можно сказать, что кровь — это раствор соли, а почки — точные регуляторы ее содержания. Такое постоянное содержание соли опять-таки тесно связано с тем фактом, что ткани и особенно красные кровяные тельца зависимы от строго определенного осмотического давления. Это нужно учитывать при переливании крови после сильной кровопотери. Можно также обсудить проблемы связанные с осмосом, с которыми сталкивается лосось при переходе и с пресной воды в соленую, и наоборот. Можно рассказать, что лягушка не пьет, но стоит лишь погрузить палец наполовину высушенной лягушки в воду, как он полностью восстановится.

Итак, существует множество явлений, часть из которых является настолько важной, что ее нужно рассмотреть в любом случае, при этом остальной материал можно выбирать по желанию.

## *Разложение солей под действием огня. Основание и кислота.*

Когда явления, связанные с солями и особенно те из них, в которых происходит взаимодействие с водой, будут подробно рассмотрены, можно исследовать действие на соли огня. Внесем, к примеру, в пламя газовой горелки кусочек медного купороса. При этом мы увидим, как он все больше теряет свою прозрачность, становясь вначале матово-белым, а потом коричневым и даже черным. Он превращается в инертную, землистую и нерастворимую массу. Если нагреть кристалл в огнеупорной пробирке, то будет заметно, как сначала в виде пара выделяется кристаллизационная вода. В результате этого процесса образуется мутно-белая масса. Затем выделяется газ с резким кислым запахом. Этот газ окрашивает синюю лакмусовую бумажку в красный цвет.

Если нагреть такую соль, как белая стенная селитра (нитрат кальция), то в этом случае выделяются коричневые кислотные пары и останется химически активная, довольно хорошо растворимая, матово-белая масса. Эта масса окрашивает красную лакмусовую бумажку в синий цвет. Здесь мы имеем дело с процессами разложения. Из одного вещества, которое мы воспринимали как нечто единое, образовались другие, совершенно разные субстанции. Исходное вещество большей частью исчезло, когда образовывались новые вещества. Эти случаи являются типичными примерами разложения солей. Теперь мы должны обратить внимание на переход, на «интервал» между первоначальным состоянием вещества и тем, которое следует за ним, так же, как мы это делали при рассмотрении кристаллизации. Здесь мы также ограничимся тем, что является наиболее важным, и поэтому не будем учитывать кристаллизационную воду. Итак, мы видим переход хорошо сформированного прозрачного вещества в бесформенную массу. «Воспоминание о свете», о котором мы говорили, исчезает и вместо него появляется нечто такое, что производит на нас впечатление чего-то, имеющего природу земли.

Теперь, если мы обратим внимание на «интервал» при парообразовании, то увидим, как из застывшего, тяжелого, имеющего четкие контуры вещества высвобождается субстанция, обладающая прекрасной способностью распределяться в пространстве. Спокойная соль отчасти переходит в подвижный, активный, а в нашем случае даже агрессивный, газ.

Сначала у нас был кусок земли, который был открыт свету. Теперь одна его часть — это земля, закрытая для света, а другая — вещество, которое обращается к его пространству и отождествляет себя с ним. Масса, оставшаяся лежать на дне, сохранила твердость соли, поэтому ее называют основой или основанием. Вещество, которое улетучилось, унесло с собой прозрачность.

Раньше мы уже говорили о том, что из соображений экономии времени, можно выделить темы, в которые необходимо погрузиться глубже, и те, при рассмотрении которых можно в определенной степени ограничиться перечислением фактов. Сейчас мы можем применить этот принцип.

После очень тщательного обсуждения образования кислот и оснований в процессе разложения солей, можно перечислить их названия:

Некоторые из важнейших оснований

едкий Натр

едкое Кали

гашеная известь

магнезия

нашатырный спирт (аммиак)

ржавчина

оксид меди

и т. д.

Некоторые из важнейших кислот

серная кислота

сернистая кислота

азотная кислота

азотистая кислота

соляная кислота

фосфорная кислота

фосфористая кислота

угольная кислота

кремниевая кислота

и т.д.

При этом можно продемонстрировать перечисленные вещества и, если позволяет время, более или менее охарактеризовать их с точки зрения типичных проявлений.

Теперь рассмотрим свойства кислот и оснований подробнее. Поставим в ряд три химических стакана, наполненных водой, окрашенной раствором лакмуса. В стакан, расположенный слева нальем немного натриевой щелочи — жидкость окрасится в синий цвет. В расположенный справа -- соляной кислоты: жидкость в нем станет красной. Потом в стакан, расположенный слева добавим соляной кислоты, а в стакан, расположенный справа — натриевой щелочи. В результате

окраски поменяются.

Можно объяснить ученикам, что красный цвет является характерным проявлением активной, агрессивной кислоты, синий — более пассивного основания. То, что есть еще и другие индикаторы, по изменению окраски которых можно судить о степени кислотности, для нас не так важно, они — искусственные и мало связаны с жизнью в природе. При работе с лакмусом, наоборот, проявляется то, что происходит в живой природе и является типичным для нее. Это явление мы используем теперь в лаборатории.

Так как лакмус получают из лишайника, то он, конечно, имеет характер растительного красителя. Теперь можно обратить внимание учеников на то, что у растений смена окраски лепестков происходит довольно часто: например, у незабудки она меняется с красной на синюю. Может быть, стоит показать, что вместо лакмуса можно использовать сок краснокочанной капусты.

Теперь подготовим три сосуда, в которых находятся: разбавленная натриевая щелочь, разбавленная соляная кислота и водопроводная вода. По желанию во все три жидкости можно добавить немного раствора лакмуса, а затем пройтись по классу и дать ученикам почувствовать, что первое вещество делает кожу скользкой, а второе — шершавой. Третий сосуд служит для споласкивания пальцев. Ученикам следует напомнить, что такое же скользкое ощущение возникает на коже после погружения рук в мыльный или содовый раствор.

После этого попытаемся определить, где находятся кислоты и основания в нашем теле. Вся наша кожа слегка кислая из-за того, что мы потеем. Кровь наоборот должна быть слегка основной. Слюна немного основная, желудок довольно кислый, кишечник опять-таки основной. В общем, мы можем сказать, что все, что направлено вовне — более или менее кислое, а все, что направлено вовнутрь — основное. Желудок, кроме своей собирающей функции, выполняет также и функцию защиты от вредных воздействий, исходящих от принятой пищи. Почти ни одно питательное вещество не проходит в кровь через стенки желудка. Мышцы при напряжении проявляют большую склонность к процессам образования кислоты, при расслаблении — основания.

В 1929 г вышла книжечка «Десять лет свободной вальдорфской школы»<sup>1</sup>. В ней

---

<sup>1</sup> Sonderheft der Zeitschrift «Zur Pädagogik Rudolf Steiners», III. Jg. 1929, Heft ¾  
[Отдельный сборник периодического издания «О педагогике Рудольфа Штайнера», III 1929, сборник 3/4].



помещена увлекательнейшая статья Ойгена Колиско «О становлении и формировании преподавания естествознания в вальдорфской школе»\*. В ней он цитирует высказывание, сделанное Рудольфом Штайнером в классе, в котором как раз шло рассмотрение образования кислот и оснований: «Итак, вы уже увидели все, что здесь было показано. А теперь подумайте также о том, что происходит в вашем теле. Если вы двигаете своими конечностями, то в них все время образуется немного кислоты; но если вы абсолютно спокойны и напрягаете только голову, то в мозгу образуется нечто имеющее отношение к щелочи». Это замечание имеет для учителей, по крайней мере, такую же ценность, как и для учеников. Исходя из этого, становится понятно, в каком направлении нужно продолжать поиски.

Теперь можно отыскать кислоты и основания в животном мире. Различные животные используют кислоты для борьбы с врагами. Муравьи брызгают кислотой в сторону врага, даже находясь на значительном расстоянии от него.

В указаниях к учебному плану Рудольф Штайнер обращает особое внимание на отношения между особями пчелиной семьи, на полярность между кислым желудочным соком и щелочной кровью.<sup>2</sup>

В связи с этим также очень интересна полярность между кислыми и основными видами почв.

### *Образование соли из кислоты и основания*

Теперь перейдем к действию кислоты и щелочи друг на друга. Например, возьмем химический стакан, наполненный водой, и внесем в него оксид меди, в результате этого прозрачная вода потемнеет, помутнеет. (Оксид меди можно предварительно получить из горячего раствора сульфата меди и горячей натриевой щелочи. Полученный таким образом оксид меди реагирует быстрее.) После этого прильем разбавленную серную кислоту. Мы заметим, как темная масса посветлеет и перейдет в кристально-прозрачную синюю жидкость. Воду можно предварительно

---

\* [Есть также и в данной хрестоматии — прим. Д. Родэ]

2 Konferenzen Rudolf Steiners mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart 1919-1924. Manuskriptdruck. Heft 3, Januar-November 1921. Stuttgart 1962. Siehe 17.6., Seite 41.

[Конференции Рудольфа Штайнера с учителями свободной вальдорфской школы в Штуттгарте 1919–1924. Перепечатка рукописи. Сборник 3, январь–ноябрь 1921. Штуттгарт 1962. См. 17.6., стр. 41] (сейчас также в общем издании № 300b)

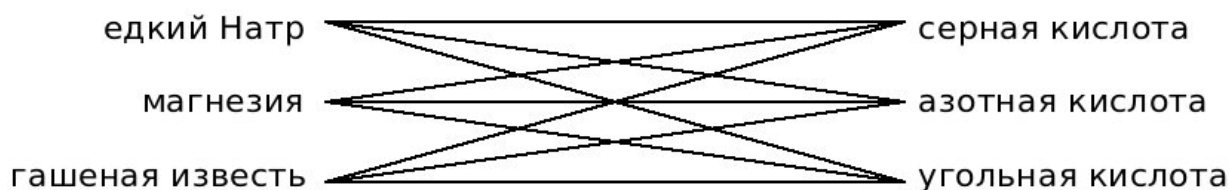
подогреть, тогда все произойдет еще быстрее. Если взять не слишком маленький химический стакан и подсветить его снизу, то за процессом можно будет наблюдать и с большого расстояния, а также точнее рассмотреть множество увлекательных подробностей.

Этот опыт, в очередной раз, показывает некую особенность, характерную для кислоты. Она обладает специфической способностью разрушать то, что имеет слишком земные качества, и прокладывать путь свету. Именно благодаря освещению проявляется это действие кислоты. Если бы этот синий раствор испарился, то образовались бы темно-синие прозрачные пластиночки красивой формы — кристаллы сульфата меди. Произошел драматический процесс, похожий на процесс разложения соли. В этом случае бесформенная, лишенная блеска масса переходит в прозрачные кристаллы, а подвижная, агрессивная кислота — в неактивную, застывшую соль.

Теперь можно налить в пробирку концентрированную соляную кислоту и поместить туда немного сухого едкого натра. Мы услышим резкое шипение, при этом появятся блестящие кристаллы соли, которые подобно снегу будут опускаться вниз. Данный опыт можно провести таким образом, чтобы он стал небольшой сенсацией. Для этого нужно установить пробирку в штатив и бросить в нее кусочек едкого натра. Жидкость начнет сильно кипеть, а пробирка плясать вверх и вниз.

Когда таким образом будут рассмотрены различные случаи образования соли, можно снова представить это множество полученных знаний в более сжатой форме.

Можно обсудить принцип, согласно которому комбинация любой кислоты с любым основанием всегда дает соль. Схематически это выглядит так:

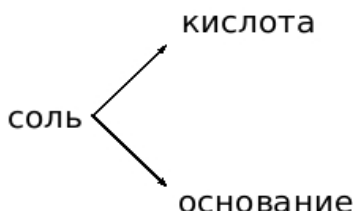


После этого составим список кислот и соответствующих им солей и поговорим об их названиях, потом еще один список названий, используемых в повседневной жизни, рядом с которыми будут написаны научные названия.

## Переход к уравнениям химических реакций.

Теперь покажем как общие правила разложения и образования солей можно представить в виде простых схем:

Разложение солей:



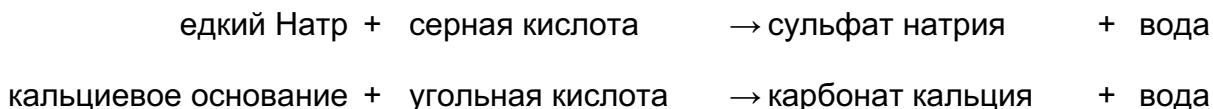
Или еще абстрактнее:



Образование солей:



Затем из этих общих схем можно вывести уравнения отдельных реакций, вставив соответствующие названия. Например:



или разложение соли:



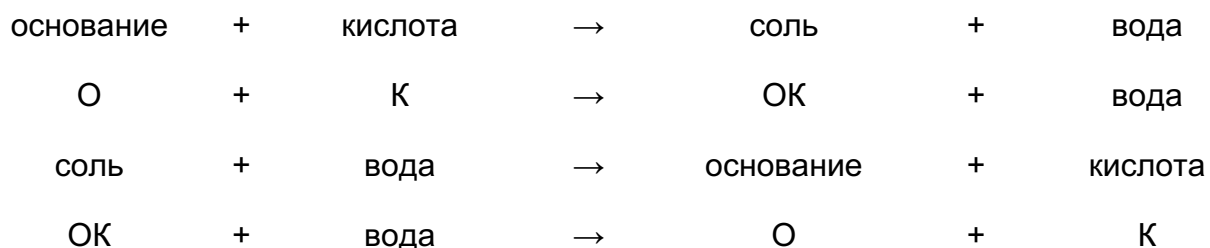
Так, шаг за шагом закладывается основа для работы, которая будет проводиться позже с уравнениями реакций и формулами. Возможно, будет не очень хорошо вводить на основе этого учебного материала формулы. Если последовательно идти по пути «от целого частному», если рассматривать целое как первичное, а возникающее из него частное как вторичное, то так мы далеко не продвинемся. Кроме того, пока еще невозможно рассматривать химические элементы так подробно и живо, чтобы подобную отвлеченную абстракцию можно было противопоставить чему-то целому. Если же все-таки это сделать, то среди

учеников произойдет расслоение. Более интеллектуальные из них могут впасть в иллюзию, что они уже все поняли, хотя при этом, собственно, теряют связь с действительностью и, конечно же, не видят проблематики формул. Существо формул становится интеллектуальной игрой. Для менее интеллектуальных учеников формулы станут более или менее непрозрачной и непреодолимой преградой, которая отнимет у них смелость по-настоящему углубиться в мир веществ.

К этому следует добавить еще кое-что важное. В начале обсуждения темы десятого класса мы увидели, что нужно обращать внимание на то, чтобы мыслительный процесс был ясным, прозрачным. Такому мышлению соответствуют обобщенные уравнения, которые уже были представлены для разложения и образования солей, в то время как в любой формуле содержится так много готовой информации, что это сильно уменьшает наглядность.

Нужно заметить, что формулы лучше вводить в одиннадцатом классе. Они, кроме всего прочего, имеют еще и такой недостаток: из-за них внимание произвольно отвлекается от того факта, что каждая субстанция, будь она простым веществом или химическим соединением, является чем-то единым.

Когда пишут формулу  $H_2SO_4$ , то особое внимание обращается на то, что это вещество может быть составлено из других веществ. Ну а теперь мы можем немного сократить наши обобщенные уравнения и, благодаря этому, добиться большей наглядности. Сделаем это следующим образом:



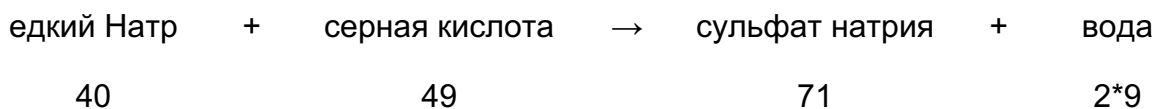
Формула ОК для соли уже является слишком аналитической, а любая, даже самая осторожная абстракция, в конце концов, уводит от реальности. Но на это надо решиться. Если мы продвинулись в изучении учебного материала так далеко, значит, достигли очень важного пункта. В распоряжении учеников сейчас находится материал для размышления, при помощи которого они могут не только рассматривать, но и заранее знать как будет происходить химический процесс. Они даже могут целенаправленно осуществлять те или иные реакции. Если необходимо

получить нитрат меди, то медное основание нужно привести во взаимодействие с азотной кислотой. В этой области ученики могут делать предсказания и проверять на опыте, было ли правильным то, что они думали.

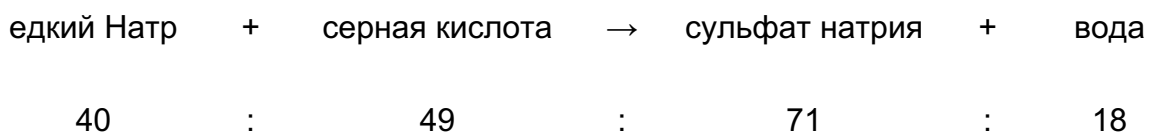
### *Массовые соотношения*

Если потом собираются вводить понятия атомной и молекулярной массы, то на данном этапе мне кажется нецелесообразным указывать на то, что все процессы протекают в точных массовых соотношениях. Пока еще не нужно проводить расчетов, это факт лучше рассматривать как проявление строгой природной гармонии, не откладывая это на будущее. При этом в качестве исходного понятия подойдут эквивалентные массы, например:

едкий Натр	40
серная кислота	49
сульфат натрия	71
вода	9



Мне кажется, исключительно важно оставаться в области неназванных величин; тогда и только тогда будет понятно, что речь идет об отношениях масс, а не об абсолютных массах. Но если придерживаться этого правила, то можно вводить простые расчеты. Например, нужно узнать, сколько сульфата натрия получится, если взять 80 грамм или 2 грамма едкого Натра.



80	:	2*49	:	2*71	:	2*18
2	:	49/20	:	71/20	:	18/20

Если дать ученикам список эквивалентных масс, то можно вводить всевозможные расчеты.

### *Кислород — Окисление — Горение и медленное окисление*

Теперь покажем, что кислоты образуются в результате сгорания определенных веществ, а основания — в результате окисления металлов. Итак, мы должны подробнее рассмотреть роль, которую играет кислород при образовании кислот и оснований.

Здесь есть хорошие предпосылки к тому, чтобы сформировать исторический подход к работе и поговорить о том, как был открыт кислород Йозефом Пристли. Тогда мы получим не только большое преимущество в виде возможности следовать по пути исторического развития, которое по большей части идет рука об руку с борьбой за освещение понятий (из рассказов о которой, можно извлечь много поучительного), но и получим возможность ввести рассмотрение биографий. Это особенно важно для девочек, которые имеют большую, чем мальчики, потребность принять все на душевном уровне и связать с человеком.

Пристли получил неизвестный газ при прокаливании оксида ртути и установил, что он поддерживает процессы дыхания и горения. Итак, это был газ с усиленными воздушными качествами.

И вот, мы сжигаем, например, серу или фосфор и показываем, что поднимающиеся пар и дым окрашивают влажную синюю лакмусовую бумажку в красный цвет. Для полноты картины можно также показать, что эти вещества горят только тогда, когда в окружающем пространстве есть достаточное количество кислорода. Мы можем также усилить горение, обеспечив доступ чистого кислорода.

После этого поместим кусок железа во влажную среду, чтобы дать ему заржаветь. Блестящий, упругий металл медленно потускнеет, вспухнет и, наконец, покроется хрупкой, коричнево-красной коркой. Особенно интересным в этом процессе является то, что он протекает так вяло и медленно. Но именно поэтому

ученики быстро потеряют к нему интерес. То есть, лучше всего сразу показать им кусок порядком заржавевшего железа.

После этого можно раскалить блестящий кусок железа и блестящий кусок меди. Будет видно, что поверхность металла быстро мутнеет. Затем мы можем обсудить и продемонстрировать то, что полученный оксид меди — это та же самая субстанция, что и основание, которое мы получили при разложении (прокаливании) сульфата меди.

Теперь сравним процессы горения и медленного окисления. Оба они, в принципе, основаны на действии кислорода. Если представить их в виде химических уравнений, то эти уравнения тоже будут выглядеть одинаково:

сера + кислород → оксид серы

медь + кислород → оксид меди

Однако, по динамике их течения и по картине, которую мы видим — это два абсолютно противоположных процесса.

Горение происходит быстро. Оно является одним из самых ярких и зрелищных процессов, благодаря тому, что в ходе его выделяется свет и тепло и, обычно, появляются острые запахи. Исходная твердая субстанция полностью исчезает и превращается в подвижный газ, заполняющий пространство. Все движения этого процесса направлены, в первую очередь, вверх.

Окисление протекает медленно. Гладкий металл с зеркальной поверхностью, словно отворачивается от света и становится мутным и похожим на землю. Тепла выделяется слишком мало для того, чтобы его можно было заметить. В то время как при горении вещество вместе с кислородом входит в его сферу, при медленном окислении оно притягивает кислород к себе.

То, что горение начинается после достижения температуры воспламенения, а медленное окисление происходит и на холоде, является загадкой. Эта загадка может стать ключом к пониманию закономерностей, лежащих в основе таких процессов. Теплота вызывает горение, влажность — медленное окисление. При горении по большей части выделяются газы или другие летучие вещества. При медленном окислении образуются вещества, обладающие качествами земли.

Горение                    вызывается теплом.....Огонь  
результат: газ-пар.....воздух

Медленное                вызывается жидкостью.....вода  
окисление                результат: вещество с качествами земли.....земля

Мы видим, что добраться до сути обоих процессов в их противоположной взаимозависимости можно, только начав рассматривать их с точки зрения взаимодействия четырех элементов. Поэтому весьма интересным будет тот факт, что окисление (ржавление) можно предотвратить при помощи жиров и масел, т. е. горючих «огненных» веществ, в то время как для борьбы с пожарами, используют воду.

Теперь мы можем показать, что продукты горения таких веществ, как углерод, фосфор и сера с водой образуют кислоты, в то время как оксиды металлов проявляют себя как основания. Благодаря всему этому, мы внесли еще один вклад в объяснение специфических свойств кислот и оснований. Кислота является, так сказать, химическим форпостом двух высших элементов — тепла и воздуха. Это объясняет многое из того, что имеет отношение к ее агрессивной подвижности и способности прокладывать путь свету.

Основание — химический форпост двух нижних элементов. Это объясняет их свойство с жадностью притягивать и связывать кислотные пары. Сильные основания, такие как едкий Натр, больше связаны с водным элементом; нерастворимые основания, оксиды тяжелых металлов — больше связаны с земным элементом.

Позже мы увидим, что свойства кремниевой кислоты пребывают в большом противоречии с этой закономерностью, так как ее роль в придании твердости земной коре довольно велика, но, что она все-таки имеет особую связь с космической стороной природы. Аммиак в свою очередь является исключением среди оснований: он очень летуч.

*Значение выбранного пути.  
Борьба за образность в химии.*



Сейчас можно было бы еще раз спросить себя, почему рассмотрение этой темы должно быть таким сложным, почему нельзя сразу же в начале эпохи через горение и медленное окисление прийти к кислотам и щелочам и на этой основе синтезировать соли? Различные ответы на эти вопросы можно найти в описании пути, который мы проделали. Если начинать рассмотрение этой темы с горения или медленного окисления веществ, то это подразумевает использование аналитического метода, хотя, кажется, что он имеет синтетическую структуру. И это, конечно, следует из того, что вещества, из которых образованы соединения более высокого порядка, такие как кислоты, основания и соли, постоянно удерживаются в поле зрения и рассматриваются так, как если бы они были частями некоей конструкции. Те, кто используют этот метод, невольно перестают видеть целое. Если прокладывать другой путь, такой, как был пройден нами, то можно подолгу удерживать внимание на целом, даже при глубоком погружении в рассмотрение составных частей.

Итак, получается, что эта методика соответствует законам развития живого существа. Это развитие всегда начинается именно с появления относительно слабо дифференцированного целого и продолжается таким образом, что происходит его все более тонкая дифференциация. Поэтому, работая по нашей методике, мы принимаем во внимание развитие ребенка, которое, естественно, тоже подчиняется общим законам жизни.

Если использовать аналитические методы так, как это повсеместно делается в научном мире, то всегда существует опасность разделения картины мира на лишённые наглядности частности. Хотя при этом и строятся очень четкие понятия, связанные с явлениями, мало внимания обращается на то, отражают ли они реальные взаимосвязи, в которых эти явления находятся.

А ведь этой четкостью понятий с безошибочными определениями уже давно вырезаются куски из единства мира. К тому же, ясность таких понятий часто производит на нас настолько сильное впечатление, что частности начинают казаться чем-то целым. Этим недугом страдают, например, создатели механистических теорий. Они хотят объяснить действительность, исходя из составных частей, на основе которых можно развить самые ясные мысли. Если же наоборот, исходить из целого, как это стараемся делать мы, тогда, относящиеся к частностям понятия, которые могут быть развиты на этой основе, всегда остаются в хорошо

уравновешенной взаимосвязи друг с другом и с миром. Тогда они приобретают особое качество, которое позволяет нам рассматривать их, как что-то похожее на органы живого существа. Таким образом, у учеников появляются совсем другие жизненные ориентиры. Они получают привычку смотреть на мир, как на нечто целое, и, исходя из этого, выносить свои собственные суждения и определять свое место в жизни.

Особенно плодотворным, в связи с образованием кислот и оснований, может быть разговор о великом французском исследователе XVIII столетия — Лавуазье. Он, собственно, и является тем, кто открыл роль кислорода в образовании кислот и оснований. Чтобы стало понятнее направление его работы, нужно немного рассказать об алхимиках. Можно подвести учеников к тому, что самые серьезные из них, как правило, проводили химические эксперименты не ради материальной выгоды, а воплощали с их помощью свое стремление к внутреннему развитию. С этим также связано своеобразие названий веществ, в котором проявляется образность речи. Здесь это касается как обозначений веществ и их состояний, так и описаний внутренних процессов развития человека. Во время опытов они обращали внимание, прежде всего, на образное переживание процесса, как это делаем и мы. Образы и их метаморфозы были для алхимиков способом выражения божественного в природе.

Во времена Лавуазье рассвет алхимии был уже далеко позади; ее уделом стали смятение и упадок. Лавуазье сделал большой вклад в то, чтобы окончательно истребить остатки алхимического мировоззрения.

Для него самым важным инструментом были весы, т. е. он пробовал подходить ко всем явлениям с точки зрения массы. Из-за этого образ был полностью исключен как таковой. Самым удивительным является то, что Лавуазье смог взвесить кислород еще до того, как узнал, что он вообще существует. Исследователь дал олову окислиться в закрытом сосуде и показал, что что-то перешло из воздуха в окисленный металл. Общий вес системы остался неизменным, в то время как металл стал тяжелее. Когда позже Лавуазье услышал от Пристли о кислородном горении, через некоторое время он смог разработать свою теорию горения.

Лавуазье также сделал большой вклад в современную номенклатуру веществ, лишенную образности. Название «*oxygenium*» («образующий кислоту», «рождающий кислоту») — «кислород», также как и слово «оксид» для обозначения соединений с

кислородом, ввел он.

Закон сохранения материи был тоже сформулирован Лавуазье. Этот закон подходил ему с практической точки зрения, в первую очередь как метод работы. Он проводил свои эксперименты, будучи уверенным в том, что общая масса веществ, участвующих в реакции, всегда остается постоянной. Это, собственно, всего лишь рабочая гипотеза. По-видимому, опираясь на нее, он никогда не сделал бы такого заключения, какое позже сделали материалисты: заключения о том, что вечное бытие свойственно не божественному существу, или еще в меньшей степени человеческой душе, а материи. Если вещество не может ни возникнуть, ни исчезнуть, то не может быть и никакого акта творения. Итак, в результате таких соображений, божество было лишено своей власти, а на божественный трон возведена материя.

Лавуазье называют основателем современной химии. И действительно, эта химия рассматривает мир веществ в первую очередь с точки зрения материи и энергии. Возможно, будет хорошо поговорить о подобных вещах с учениками, прежде всего о том, что в настоящее время ученые уже пришли к мысли, что на самом деле материя может быть уничтожена и образована, то есть, в этом отношении материализм был опровергнут. Кроме того, мы можем объяснить на примере горения и медленного окисления односторонность такого рассмотрения. Если обращать внимание только на вес, то различия между этими двумя процессами исчезают. Если же принимать во внимание образ и динамику, то можно обнаружить величайшие противоположности. До известной степени имеет смысл рассматривать окисление только с точки зрения тяжести. Огонь, напротив, находится в постоянном противоречии с тяжестью. Огонь связан с невесомой стороной мира, излучающей свет, точно также как процесс окисления с тяжестью. Благодаря такими мыслям можно не только преподнести молодому человеку гармоничную картину мира — в результате должна появиться возможность, исходя из этого, предлагать ему помощь в поиске его собственного места в мире. Незадолго до этого, он получил глубокие переживания разделения человеческого существа на мужской и женский пол. В то же время молодой человек оказывается в центре взаимодействия сил, которые могут возвысить и наполнить его идеализмом, но и отчасти тянут вниз. Он чувствует себя разорванным.

Одним из видов образного выражения этой драмы является разложение солей

на кислоты и основания, процессы горения и окисления, и то, что может иметь к этому отношение, став объектом для рассмотрения. В то время как подросток чувствует себя в какой-то степени лишенным защиты божественного единства мира, этот образ может дополнить чувство: все, что он сейчас должен сделать, основано на глубоких мировых законах. Его драма становится отчасти мировой драмой. Он стоит перед задачей: пройдя через внутреннюю борьбу, найти новое достойное человека положение между взаимодействующими силами, лишаящими его защиты. Во-первых, он должен был овладеть выпрямленным положением тела между миром света над ним и миром тяжести под ним. В этом возрасте человек внутренне ощущает, что существует нечто, что хочет втянуть его в иллюзорные миры и нечто, что хочет низвести и связать его с грубыми силами. Он должен научиться духовно выпрямляться в этом внутреннем пространстве, как раньше сделал это телесно. Он должен сознательно найти новую форму духовного равновесия. Учебный материал, о котором мы говорили, может стать для него поддержкой в этом поиске.

### *Восстановление.*

Теперь мы можем приступить к более близкому рассмотрению процесса восстановления.

Коричневый порошкообразный оксид железа поместим в трубку из огнеупорного стекла. Затем пропустим через нее светильный газ или водород, и нагреем ее в том месте, где лежит оксид. Видно, что порошок становится черно-серым, в то время как на стенках трубки появляются капельки воды. Этот процесс можно сразу же описать уравнением химической реакции. Сначала был водород и оксид железа, теперь — железо и вода.



То же самое можно выразить и так:



водород + кислород → вода (оксид водорода)

После того как смесь охладится, можно при помощи магнита переместить порошок вверх по трубке; это будет ясным доказательством того, что образовалось металлическое железо. Пока трубка еще горячая, можно также впустить в нее воздух; тогда мы увидим, что порошок снова моментально меняет окраску. Он опять превращается в оксид железа.

Особенно впечатляющий опыт со сменой окисления восстановлением можно провести следующим образом: нужно довольно сильно прокалить медную пластинку, а потом дать пламени газовой горелки поиграть с ней. В пределах области охваченной огнем металл станет блестящим; там, откуда пламя удалили, начинается быстрое окисление, которое сначала проявляется в великолепной игре красок и заканчивается образованием черного налета. Чем дольше двигать пламя туда-сюда, тем красивее будут вспыхивать краски.

Ученики уже имеют понятие о том, что происходит при восстановлении, так как в девятом классе была подробно рассмотрена ассимиляция углекислого газа. В ней, конечно же, можно распознать пра-образ процесса восстановления.

Знакомясь с кислородом, мы уже рассмотрели разложение оксида ртути при его прокаливании.

Часто восстановление осуществляется при помощи по-настоящему горючих веществ, таких как водород, углерод и оксид углерода. При этом становится понятной причина всех этих явлений. Горючие вещества находятся в состоянии напряжения по отношению к окружающей среде. Они, так сказать, заряжены энергией, которую излучают при горении, прежде всего в форме света и тепла. Оксиды же, наоборот, пребывают в состоянии полностью лишенном напряжения. Если продукт горения необходимо опять превратить в исходное вещество, то нужно снова добиться возникновения этого напряжения через воздействие тепла и света.

При ассимиляции углекислого газа под действием солнечного света диоксид углерода преобразуется в углерод.\* Для анализа оксида ртути используется тепло газового пламени или, как у Пристли, солнечное тепло.

При восстановлении оксида железа газообразный водород отрывает и связывает кислород и передает железу немного своей энергии.

---

\* [Но высвобождение  $O_2$  происходит при разложении  $H_2O$  — прим. Д. Роде.]

Хорошо будет указать на то, что не только горение, но и окисление металлов сопровождается выделением тепла. Однако, этот процесс, как правило, незаметен, потому что он происходит медленно. Если его ускорить, как в случае железного порошка, который сыплют в газовое пламя, то будет видно, как металл вспыхивает искрами.

Таким образом, можно обсудить, что в любом химическом процессе имеет место взаимодействие между тем, что поддается и тем, что не поддается учету. Тепло и свет всегда либо принимаются, либо излучаются.

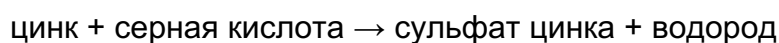
При рассмотрении восстановления, об этом можно говорить, пока еще не вводя никаких количественных понятий, и, благодаря этому, устанавливать связь с жизненными процессами, облакая все в более образные мысли.

## *Растворение металлов в сильных кислотах.*

Кроме привычного образования солей из кислот и оснований, есть еще одна возможность синтезировать соли, растворив металл в кислоте. При этом происходят значительные изменения.

Например, нальем разбавленную серную кислоту в пробирку и бросим в него несколько кусочков цинка. Цинк сразу же начинает растворяться с сильным шипением. Выделяется легковоспламеняющийся газ. В конце концов, внизу пробирки собирается прозрачная кристаллическая масса.

Можно снова без труда составить уравнение происходящего процесса:



Под действием кислоты металл преобразуется в кристаллы соли. Перед нами одно из самых удивительных превращений. Ранее мы уже определили материю как часть мира, которую покинул свет.<sup>3</sup>

В металлах даже проявляется некий вид полярности по отношению к свету. Если посмотреть на кусок металла против света, то он выглядит как темная масса. И действительно, он совсем непрозрачный. К тому же можно добавить, что металлы обладают сильнейшей отражающей способностью, то есть, они отталкивают большую часть падающего на их поверхность света. Вместе с этим способность отражать указывает на то, что металлы снова обращаются к свету. Это относится к ним тем больше, чем сильнее выражена их отражающая способность, т. е. в наибольшей степени к серебру.

Если металл растворить в кислоте, то его светоотталкивающие свойства полностью исчезают. Кислота снова прокладывает путь свету.

Если из металла образуются кристаллы, как в опыте, описанном выше, то изначально пластичный, вязкий и податливый металл переходит в хрупкое, хорошо структурированное вещество.

В этом отношении особенно интересным является то, что прозрачные твердые вещества никогда не бывают хорошими проводниками электрического тока, в то

---

<sup>3</sup> Сравните стр. 1, Кристаллизация солей

время как наилучшие проводники, металлы, сильнее всего отражают свет. Здесь полярность света и электричества проявляется очень отчетливо. Там где проходит одно, другое не пройти не может<sup>4</sup>.

На примере подобных явлений можно увидеть, что у веществ также есть полярные состояния. Металлическое и прозрачное кристаллическое состояния являются такой противоположностью.

### *Электролиз.*

Если в рассмотрении нашей темы мы зашли уже так далеко, то можно начать рассматривать первые явления электролиза. Но это нужно будет сделать особым «способом, подходящим для десятого класса» и не вводить никаких элементов учения об электричестве, относящегося к учебному материалу одиннадцатого класса.

При этом в качестве исходного объекта можно взять разбавленный раствор соли (кроме поваренной соли или других солей галогенов), подкрашенный лакмусом. В качестве электродов можно использовать угольные стержни, а позже также и стержни, сделанные из некоторых металлов. В результате мы получим следующее:

-	+
<i>катод:</i>	<i>анод:</i>
Склонность к образованию щелочей	Склонность к образованию кислот
Выделение водорода	Выделение кислорода
Явления восстановления	Явления окисления
Выделение металлов	Растворение

Т.о. приходят к феноменологии электролиза. Отсюда видно как электричество с его полярностью связано с полярностями, которые мы уже обсудили.

Всякую теорию необходимо исключить. В этом возрасте характеристика явлений с точки зрения их практического применения важнее, чем абстрактные

---

<sup>4</sup> Rudolf Steiner, Erster naturwissenschaftlicher Kurs («Lichtkurs»), Stuttgart, 23.12.1919 bis 3.01.1920 «Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik». GA 1964. Siehe 9. und 10. Vortrag [Рудольф Штайнер, Первый естественнонаучный курс («О свете»), Штуттгарт, с 23.12.1919 до 3.01.1920 «Духовнонаучные импульсы в развитии физики» GA 1964. См. 9-й и 10-й доклад.]



объяснения. Таким образом, уже даже закладывается основа для проведения эпохи физики (учение об электричестве) в одиннадцатом классе.

### *Обзорное завершение эпохи.*

#### *Вытеснение оснований — вытеснение кислот — двойной обмен.*

Далее следует часть эпохи, в которой рассматривается еще несколько новых явлений, которые даже можно отнести к самым впечатляющим, но при этом мы по большей части можем работать с понятиями, которые уже приобрели. Это дает повод к тому, чтобы на протяжении длительного времени повторять пройденный материал и выполнять упражнения. Школьники как бы учатся играть с понятиями. Нужно подвести учеников к тому, что в большинстве случаев они должны будут самостоятельно находить объяснения происходящему и придумывать процессы, которые потом можно будет проверить на опыте.

После этого рассмотрим всевозможные варианты комбинации солей с кислотами и основаниями. Данные вещества можно привести во взаимодействие в трех основных комбинациях — основания и соли, соли и кислоты, соли и соли — и понаблюдать за тем, каким будет результат.

Начнем, например, с того, что добавим основание в раствор соли. Если взять для этого поваренную соль и оксид меди, тогда ничего не произойдет, так же, как и в случае с поваренной солью и натриевой щелочью. Но если натриевую щелочь внести в сильно разбавленный раствор сульфата меди, имеющий голубую окраску, то эффект будет впечатляющим. Мы получим очень красивый, прозрачный, вуалеподобный светло-синий осадок. Если внимательно понаблюдать за процессом, то можно заметить появление множества пузырьков. В них содержится натриевая щелочь; стенки этих пузырьков состоят из тонкой желеобразной субстанции; вокруг находится раствор сульфата меди. Такие пузырьки, которые могут также появиться при взаимодействии сильных щелочей с другими солями, иногда напоминают низших животных. Если разрушить один из таких пузырьков, то его содержимое наверняка вытечет, однако, он тут же покроется новой оболочкой. Происходит нечто похожее на заживление раны. Поэтому, не смотря на свою тонкость, эти пузырьки довольно устойчивы.

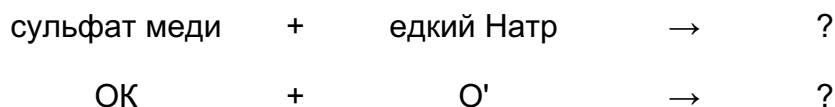
Естественно, учитель будет пробовать всевозможные варианты постановки

этого опыта, благодаря чему сможет показать это явление так, чтобы оно вызвало у учеников наиболее сильные впечатления. Например, можно использовать стаканы различной емкости и работать с различными концентрациями. Если взять большие стаканы и, кроме того, подсветить их снизу, то можно добиться удивительного эффекта.

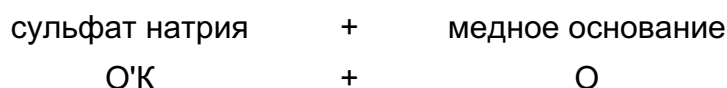
Мы получим в определенном смысле еще более отчетливую картину этого явления, если прильем раствор сульфата меди к небольшому количеству натриевой щелочи. Тогда синие хлопья образуются в бесцветной жидкости. Если подвесить кристалл медного купороса в толще раствора натриевой щелочи, то произойдет нечто удивительное. В этом случае возможно образование осадка в виде столбиков.

Похожие опыты можно проводить, комбинируя соли других тяжелых металлов с сильными основаниями.

Если теперь мы зададим ученикам вопрос о том, что могло произойти, то, наверное, есть единственная вещь, дающая возможность об этом узнать. Напишем:



Едва ли можно придумать нечто иное, чем то, что реализовалась новая комбинация, а именно



Тогда весь процесс выглядит так:

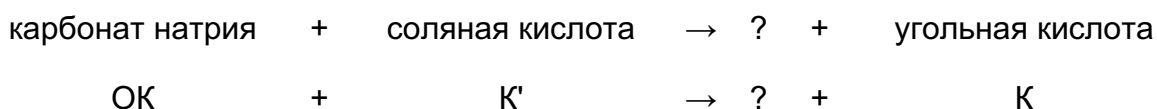


Сильное легкорастворимое основание вытеснило слабое труднорастворимое. Если это верно, то у нас должно получиться растворить синий осадок сильной кислотой. Это действительно получается. При этом, конечно, нельзя забывать, что

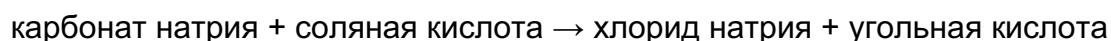
впечатляющий образ этого опыта нужно будет сопоставить с закономерностями растворения.

Если ход наших мыслей был правильным, тогда в растворе должен находиться сульфат натрия, а синий осадок должен быть формой медного основания. Первое доказать сложно, поэтому мы можем сказать ученикам, что действительно образовался сульфат натрия. Второе можно легко определить, подогрев синий, желеобразный осадок. При этом образуется черно-коричневая масса оксида меди. Теперь будет не сложно понять, что синий осадок является содержащим воду оксидом меди, т. е. ее гидроксидом. Гидроксид также можно рассматривать как основание, остановившееся на пол-пути при переходе от растворенного состояния к твердому.

Явления, происходящие при взаимодействии кислоты и соли, могут быть тоже очень разными. Если налить соляную кислоту в раствор сульфата натрия, то видимых изменений не произойдет. Но если соляную кислоту налить в соду — эта смесь начнет шипеть и вспухать, выделяя летучую углекислоту\*. И снова будет несложно рассмотреть, что при этом происходит:



Посмотрев на уравнение, мы увидим, что должен также образоваться ОК', т. е. хлорид натрия.



На основе этого можно вывести новое общее правило: если сильную кислоту прибавить к соли слабой кислоты, то сильная кислота вытеснит слабую и образуется соль сильной кислоты. В любом случае, можно указать на то, что здесь также играет роль летучесть кислоты.

Вытеснение кислот имеет большое практическое значение. Наверное, не лишним будет обсудить получение азотной, соляной, угольной (т. е. углекислого

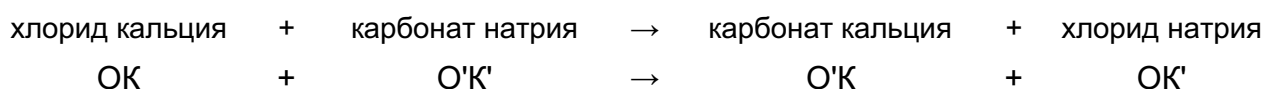
---

\* [Речь идет об углекислом газе; угольная кислота при атмосферном давлении сразу же разлагается на углекислый газ и воду — прим. переводчика.]

газа) и других кислот из их солей.

В ходе таких опытов важно показать, что при вытеснении оснований, вещество обычно выталкивается вниз, в тяжесть, в то время как при вытеснении кислот, оно поднимается в сферу света.

Как последний вариант взаимодействия между кислотами, основаниями и солями у нас еще осталось взаимодействие двух солей. Если мы добавим раствор поваренной соли к раствору сульфата калия, то ничего не произойдет. Если же взять хлорид кальция и соду, то выпадет белый осадок. Очень необычное зрелище предстает нашему взору, когда смешивают две кристально-чистые жидкости и в них, словно по волшебству, появляется твердая масса. Этот осадок не похож на желе, скорее он зернистый. Что произошло?



Итак, осадком мог бы быть хлорид натрия или карбонат кальция. Т. к. последний намного лучше растворяется в воде, то в осадке может быть только карбонат кальция. В результате объединения кислот и оснований в других комбинациях образовались две новые соли. Из этого можно вывести правило: при смешивании двух солей происходит двойной обмен с образованием осадка, если в одной из возможных комбинаций кислоты и основания получается труднорастворимая соль.

Теперь нам понадобится какой-нибудь перечень легкорастворимых и труднорастворимых солей. Если у учеников его еще нет, то можно дать им ряд важнейших труднорастворимых солей; потом еще также кислот и оснований, все соли которых хорошо растворяются в воде. После этого ученики смогут самостоятельно объяснять и даже предсказывать явления. А сейчас можно рассказать о том, как применяется двойной обмен для обнаружения солей в растворах. При этом можно поставить очень красивые опыты с морской водой. В рамках этой эпохи можно также обсудить проблемы жесткости воды; почему мыло берется хлопьями и почему сода смягчает воду. Наконец, при помощи двойного замещения можно получить разнообразные соли; например, хромат свинца (хромовый желтый), карбонат свинца (свинцовые белила), хлорид ртути (сулема)

или нитрат калия.\*

---

\* [Будьте осторожны, обращайтесь внимание на информацию, касающуюся опасных веществ — прим. Д. Родэ.]