

Герхард Отт «Основы химии с точки зрения феноменологического метода», Том 2, 1962

РАЗДЕЛ IV

Влияние электричества на химические процессы

1. Предисловие, касающееся практических и педагогических вопросов.

Мы уже дважды использовали электрическую силу для проведения химических экспериментов: при окислении азота и при восстановлении фосфора. Но в обоих этих случаях эта сила действовала не совсем за счет того, что составляет ее собственную сущность, то есть не непосредственно, а опосредованно — в виде электрической дуги. Однако весьма интересно, что именно с помощью электричества можно получить такие невероятные температуры, при которых происходят реакции соединения и разложения, которые при обычных температурах не осуществляются. И это, по большей части, процессы соединения и разложения, обратные тем, которые происходят в природе. Так, при подобном окислении азот перестает быть устойчивым к образованию соединений с кислородом, и это соединение является, в какой-то степени, продуктом реакции, протекающей только под воздействием внешних сил. Также и при восстановлении фосфора, последний, благодаря воздействию извне, извлекается из естественного для него кальциевого соединения и переводится в элементарное состояние.

Итак, мы можем предположить, что электричество, — также и в том случае, если его применение в химии полностью соответствует его сущности и природе, — дает возможность происходить необычным превращениям веществ, которые без его помощи не могли бы осуществиться вообще или могли бы, но с большим трудом, тем более, что первая, открытая Гальвани и Вольта форма проявления электрической силы, была теснейшим образом связана с химией. Проявления этой силы природы, как заметили вскоре, часто бывают связаны с химическими процессами, и чем больше таких проявлений обнаруживалось, тем больше находилось и способов ее применения для работы с веществами. Кроме того, создается впечатление грандиозной согласованности событий, связанных с великими открытиями и формированием мировоззрения, потому что в то время, когда химия стояла на пороге своего обновления, она обрела в лице новооткрытой «мировой силы» электричества такого помощника, лучше которого ей невозможно

было бы и пожелать! В 1789 г Гальвани сделал свое первое открытие (знаменитый опыт с лягушачьими лапками), в 1790 г Вольта, на основании открытий, сделанных этим врачом из Болоньи, изготовил из меди, цинка и серной кислоты свой первый [гальванический] элемент и уже в 1807 — 1810 гг гениальному английскому химику Дэви при помощи сильной батареи элементов питания Вольта удалось открыть химические элементы, входящие в состав щелочей и щелочных земель, что имело чрезвычайно важное значение. При этом был пролит свет на множество невыясненных вопросов химии. Тем более это стало возможным после того, как незадолго до этого, в 1799 г французом Прустом был установлен «Закон постоянства состава» химических соединений, за которым последовало открытие «Закона кратных отношений» англичанином Дальтоном.

Поэтому, если в следующих главах мы более детально рассмотрим химические явления, связанные с подобными открытиями, то это будет соответствовать ходу развития самой химии. Наряду с выявлением чего-то совсем нового, мы снова встретим уже знакомые нам превращения веществ, но происходящие в совершенно новых условиях.

Однако, особенно в этой главе, мы должны постараться выводить законы в полном соответствии с их чисто феноменологическими предпосылками и всячески воздерживаться от введения готовых понятий. Кроме того, здесь мы делаем это вполне преднамеренно, зная все понятия, имеющие прямое отношение к данной теме, такие, как понятия учения об ионах и т. д. Нужно прямо указать на то, что учением могут быть и сами по себе феномены, если только они преподносятся в порядке, к которому как бы стремится сама природа. Мы считаем, что задача самосознающего мышления состоит не в разработке теорий, объясняющих явления, а в естественной их систематизации, благодаря которой сама природа может показать нам свои законы. В этом ключе мы и будем работать.

В отношении педагогических аспектов этой главы нужно лишь сказать, что здесь мы имеем дело с материалом, который соответствует примерно возрасту 10-го класса, т. к. он предоставляет отличную возможность углубления и обобщения фундаментальных химических понятий, таких как: кислота, щелочь, соль, «сера» и «основной элемент», окисление и восстановление, — исходя из новых интересных наблюдений. Но кроме того в 10-м классе [до 11-го класса — прим. Д. Родэ] ученики, конечно, получают переживание химических взаимодействий, которое также может и должно было бы иметь значение для их дальнейшей жизни. При этом молодым

людям становится ближе история химии, благодаря чему они получают возможность, понять смысл и значение времени, в которое они живут, и сориентироваться в нем, а это должно быть основной задачей каждого преподаваемого в школе предмета. И поэтому для достижения этой цели должно было, в частности, использоваться и упомянутое «побуждение к живому созерцанию химических явлений».

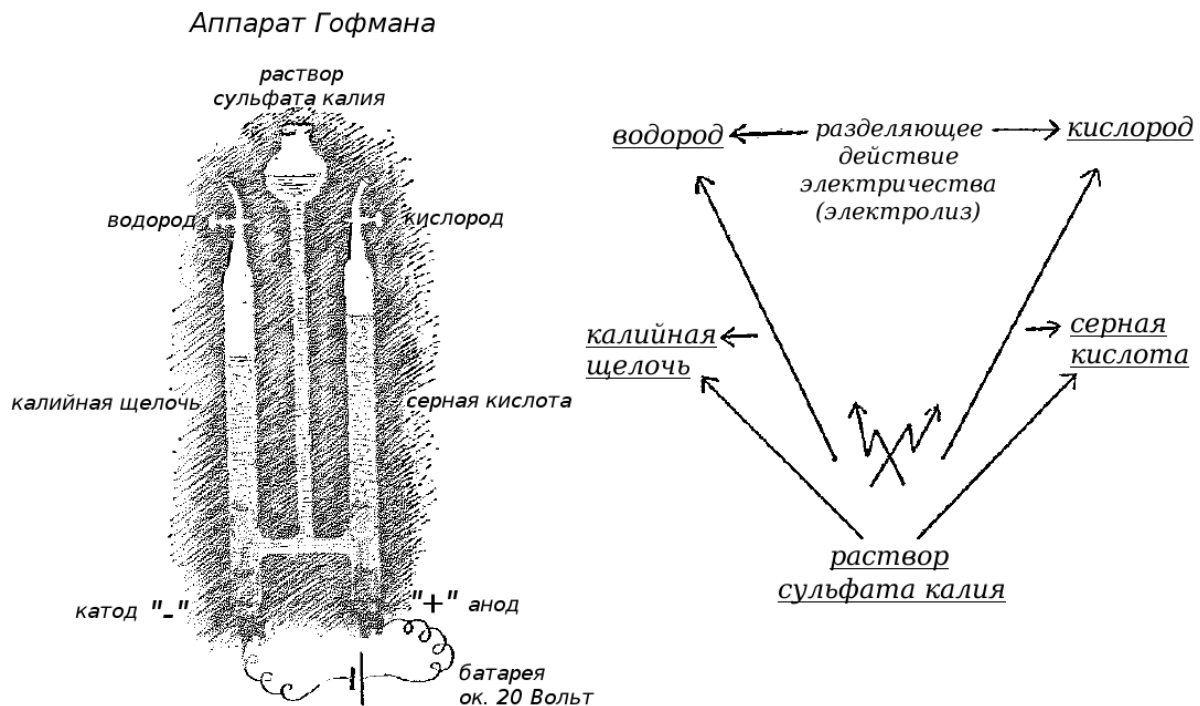
Само собой разумеется, к тому, что представлено в этом разделе, тоже следует относиться, как к некому импульсу, и, конечно же, можно и нужно рассматривать и другие явления. Тем не менее, наверное, станет заметно, что фундаментальные законы были поняты и выведены таким образом, что это может происходить по всем направлениям.

2. Электролиз сульфата калия: основные процессы при электролизе средней соли, образованной щелочью и кислотой.

Итак, начнем с опыта, благодаря которому мы сразу же оказываемся в центре событий, а сам по себе этот процесс является настолько занимательным, что он пробуждает глубокий интерес у учеников этого возраста.

Две стеклянные трубки, к нижним концам которых подведены платиновые электроды, через третью трубку, расположенную посередине и соединенную с ними (см. рисунок), наполним до краев раствором сульфата калия, который предварительно подкрасим раствором лакмуса (нейтральная среда). Затем подключим электроды к источнику постоянного тока ок. 20 Вольт и таким образом получим электрический контур, в котором раствор соли будет выступать в качестве проводника.

Разложение раствора сульфата калия



Вскоре мы увидим, что на обоих электродах появляются пузырьки, т. е. выделяется газ. И при этом пузырьки, образующиеся на положительно заряженном электроде (аноде) будут заметно больше тех, которые образуются на отрицательно заряженном электроде (катоде). Мы можем подождать, пока из выделяющихся пузырьков соберется **большой** объем газа, поэтому краники, расположенные в верхней части обеих трубок, сначала можно перекрыть. Вскоре мы также увидим, что над положительным электродом (анодом) собирается вполовину меньше газа, чем над отрицательным (катодом). Между объемами газов, образующихся на аноде и катоде, сохраняется точное соотношение, равное $1:2^*$ (если краники были плотно закрыты), которое мы в любой момент можем отметить по шкале на градуированных трубках. И если процесс будет продолжаться в течение длительного времени, то объемы обоих газов будут постоянно увеличиваться, но данное их соотношение ($1:2$) сохранится. Итак, мы видим, что здесь природа сама указывает на то, что ее процессы явно подчиняются строгим численным закономерностям, которые нам еще

* [Если вода насыщена кислородом; для того, чтобы это было так, нужно, при необходимости, в начале опыта ненадолго оставить краны открытыми — прим. Д. Родэ]

нужно обнаружить.

Большое педагогическое значение имеет то, что рассмотрение численных законов, действующих в мире веществ, будет впоследствии связано именно с таким, вызывающим удивление, чувственным восприятием. Ведь благодаря этому в учениках сначала пробуждается живое желание осмыслить и понять эти законы, и при этом учитель может использовать активный интерес, как предпосылку для работы с вещами, которые обычно кажутся несколько однообразными.

Но, может быть, в нашем случае это нужно было сначала почувствовать и констатировать. Ведь при продолжении данного опыта интерес учеников еще больше усиливается, благодаря еще более необычному явлению. Как показывает окраска раствора лакмуса **, характер среды возле электродов перестает быть нейтральным, и становится отчетливо видно, как содержимое обеих трубок постепенно окрашивается в различные цвета. Жидкость над анодом приобретает красную окраску, над катодом — синеватую, в то время как раствор соли, находящийся в трубке, расположенной посередине, сохраняет фиолетовую окраску, соответствующую окраске раствора лакмуса в нейтральной среде, и, поэтому, ее можно использовать для сравнения.

Если мы повторим опыт и возьмем для подкрашивания раствора сульфата калия самодельный сок краснокочанной капусты **, то различие окрасок проявится еще отчетливее, при этом содержимое одной трубки окрасится в карминово-красный, содержимое другой — в великолепный изумрудно-зеленый цвет, в то время как раствор в трубке, находящейся посередине, сохранит окраску, характерную для свежеприготовленного капустного сока.

При этом ученики получают непосредственное переживание комплементарных цветов, так что этот опыт, уже даже только визуально, производит на них сильное впечатление.

Но любое изменение окраски, как лакмуса, так и сока краснокочанной капусты происходит только тогда, когда на их растворы действуют какие-нибудь кислоты или щелочи. (К тому же интенсивное красное окрашивание сока краснокочанной капусты под действием кислоты может сказать нам о внутренних закономерностях этой органической субстанции так же много, как и смена ее окраски на зеленую, которая постепенно даже переходит в желтую).

** [С жидким универсальным индикатором получается хуже, отношение 2:1 смещается — прим. Д. Родэ]

Поэтому изменение окраски, несомненно, указывает на то, что воздействие электрического тока на изначально нейтральный раствор соли можно описать как процесс ее «разложения» или «расщепления» на два «полярных» вещества: кислоту и щелочь (серную кислоту и калиевую щелочь^{***}), происходящий на электродах. То, что весь этот процесс инициируется электродами, мы можем показать еще лучше, проведя этот электролиз в U-образно изогнутой стеклянной трубке, погрузив при этом электроды в такой же подкрашенный раствор сверху. Тогда окраска раствора начинает меняться на красную и зеленую сверху вниз от электродов, в то время как в средней, нижней части U-образной трубки все еще сохраняется исходная окраска раствора. Именно этот вариант постановки данного опыта особенно показателен, т. к. по изменению окраски, начинающемуся от электродов четко видно, что образование кислоты и щелочи начинается как раз оттуда. Для того, чтобы можно было легко собрать газы, над электродами устанавливают боковые газоотводные трубки.

Итак, что же произошло? А вот что: электричество, которое уже само по себе является полярной силой («+» и «-»), помогло проявиться полярности, изначально заложенной в соли, т. е., электричество стало причиной смещения уровней бытия, благодаря тому, что оно, начав действовать в области жидкого, превратило соль, находящуюся в растворе, в кислоту и щелочь — вещества, которые следует рассматривать, как формы материи, относящиеся к серединной («меркуриальной») области.

Такая формулировка не предполагает ничего, кроме констатации очевидных фактов. Однако эти факты имеют очень важное значение. Теперь остается предположить, что природная сила, которая, воздействуя на химические процессы, способствует появлению таких сильных противоположностей, сама может являться следствием их взаимодействия.

Но рассмотрение данного опыта было бы неполным, если бы мы не исследовали природу двух газов, образовавшихся в ходе данного электролитического процесса. Если для этого в нашем, так называемом, аппарате Гофмана, мы откроем расположенный над анодом кран и внесем в струю выходящего через него газа тлеющую деревянную лучину, то она ярко воспламенится. Этот газ может быть только кислородом. — Если же мы откроем кран, находящийся над катодом и внесем в струю выходящего через него газа

^{***} [Этот процесс может осуществиться лишь теоретически; образование кислоты и щелочи происходит только за счет разложения воды. K^+ и SO_4^{2-} при этих условиях разряжаться не будут — прим. Д. Родэ]

горящую спичку, то этот газ загорится и спокойно сгорит. В этом случае мы имеем дело с водородом (постепенное окрашивание пламени в желтый цвет происходит благодаря натрию, содержащемуся в стекле!). Вместе с процессом расщепления соли на кислоту и щелочь, мы рассмотрели и процесс образования кислорода и водорода, т. е. образование «высокополярных» субстанций.

Итак, электричеству свойственно разлагающее, расщепляющее действие, и при этом оно порождает такие полярности, с которыми мы уже знакомились ранее, и каждый раз они выступали, как нечто фундаментальное: кислота ↔ щелочь; кислород ↔ водород.

Однако сейчас может возникнуть вопрос, из-за чего, собственно, могли образоваться кислород и водород? Должна ли была под действием электрического тока разложиться, например, вода, в которой была растворена соль калия?