

Учебно-методический комплекс «Диалогика стилей в науке. Химия»

Г. В. Виденкова, В. Ю. Пузыревский

# Диалогика стилей в науке. Химия

Рабочая тетрадь для учащихся 8–10 классов по  
истории дискуссий в химии

Учебное пособие

Санкт-Петербург,  
2012

УДК 372.854+37.02  
ББК 74.262.4  
В 26

**Виденкова Галина Викентьевна, Пузыревский Валерий Юрьевич.** Диалогика стилей в науке. Химия. Рабочая тетрадь для учащихся 8–10 классов по истории дискуссий в химии. Учебное пособие. — СПб.: Школьная лига, Издательство «Лема», 2012 – 48 с.

Серия «Наношкола»  
Программа «Школьная лига РОСНАНО»

ISBN 978-5-98709-581-2

Авторы этого пособия приглашают школьников восьмых, девярых и десятых классов примерить на себе различные стили научного мышления. Предлагаемый способ – увлекательное изучение истории дискуссий по ключевым проблемам химии конца XVIII в. и почти всего XIX в.: процесс горения и состав воздуха, природа растворов, своеобразие органических соединений. Методы предлагаемой учебной работы – от анализа текстов до лабораторных работ и групповых дискуссий.

Редактор *А.С. Русаков*  
Художественный редактор *Д.Ю. Матиясевич*  
Корректор *Е.С. Брискина*

© Виденкова Г. В., Пузыревский В. Ю., 2012  
© АНПО «Школьная лига», 2012

Автономная некоммерческая просветительская организация  
в области естествознания и высоких технологий  
**«ШКОЛЬНАЯ ЛИГА»**  
199034, Санкт-Петербург, 9-я линия В.О., д. 8, каб. 28  
e-мэйл: books@fondedu.ru тел. 8 (812) 640-21-31  
генеральный директор М. М. Эпштейн

Подписано в печать 20.12.2012  
Тираж 120 экз. Заказ

Отпечатано в ООО «Издательство «ЛЕМА»  
Санкт-Петербург, Средний просп. В.О., 24  
Телефон/факс: (812) 401-01-74 e-mail: izd\_lemma@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

Вместо предисловия.....	4
8 класс. Процесс горения и состав воздуха. Теории флогистона и кислорода	
1. Таблица характерных черт научных стилей.....	5
2. Словарик терминов .....	5
3. Текст по истории дискуссии.....	6
4. Творческое задание .....	11
5. Лабораторный журнал .....	14
5.1. Группа «А». Теория кислорода	
5.2. Группа «В». Теория флогистона	
6. Аргументы для дискуссии .....	18
9 класс. Растворы. Ионная и гидратная теории	
1. Таблица характерных черт научных стилей.....	19
2. Словарик терминов .....	19
3. Текст по истории дискуссии.....	20
4. Творческое задание .....	24
5. Лабораторный журнал .....	30
5.1. Группа «А». Ионная теория растворов С. Аррениуса	
5.2. Группа «В». Гидратная теория растворов Д. И. Менделеева	
6. Аргументы для дискуссии .....	34
10 класс. Природа органических соединений. Дуалистическая теория, теория замещения и унитарная теория. Первая и вторая теории радикалов	
1. Таблица характерных черт научных стилей.....	35
2. Текст по истории дискуссии.....	36
3. Творческое задание .....	42
4. Лабораторный журнал .....	45
4.1. Группа «А». Дуалистическая теория Я. Берцелиуса	
4.2. Группа «В». Теория замещения (металепсии) Ж. Дюма и Ш. Жерара	
5. Аргументы для дискуссии .....	48
Рекомендуемая литература.....	48

## Вместо предисловия

*Приветствуем в связи с открытием этой рабочей тетради!*

Очень надеемся, что изучать химию через знакомство с научными дискуссиями химиков прошлого всё-таки будет нескучно. Им-то, в своё время, точно некогда было скучать, поскольку они спорили по поводу таких вещей и явлений, которые до них никто толком не знал, не смог проанализировать и понять.

Вот что, к примеру, вспоминали в 1837 г. о тех временах самые известные химики мира Юстус Либих и Жан Дюма: «Иногда наши взгляды расходились, мы отдалялись тогда друг от друга благодаря горячности споров; возникали дискуссии, о бурности которых мы сожалеем. Впрочем, кто осмелится оспаривать пользу, даже необходимость, таких дискуссий? Кто может отрицать, что они вызвали к жизни много прекрасных исследований? Подобные споры сопутствуют всякой развивающейся науке».

Каждый старался добраться до объективной истины, но при этом шёл своим путём, в основном придерживаясь своего стиля мышления, своего мировоззрения. Многие, чтобы докопаться до истины, проводили примерно одни и те же эксперименты, но с разной степенью точности, по-разному пытались объяснить одни и те же химические явления, и поэтому зачастую объединялись, кто в сторонники одной теории, а кто — другой. Но они не были фанатами, которые кидаются друг в друга креслами и банановыми корками. Они уважали мнение другого, его труд и заслуги в научных достижениях, стремились в равноправном диалоге понять аргументы другого, какой бы острой при этом не была дискуссия на страницах ли международных журналов или на съездах химиков.

В их научной деятельности всегда была возможность примерить стиль, тематические интересы другого, приняв временно или навсегда иную точку зрения, или отказавшись от неё до конца своих дней. Такова история Лавуазье и Пристли, Либиха и Дюма, Кистяковского и Менделеева и т.д.

Мы приглашаем и вас примерить на себе различные стили научного мышления. Каким образом? Да, в ходе увлекательного изучения истории дискуссий по ключевым проблемам химии конца XVIII в. и почти всего XIX в.: процесс горения и состав воздуха, природа растворов, своеобразие органических соединений.

*В путь, с путеводителем по истории дискуссий в химии!  
Удачи!*

# 8 класс. Процесс горения и состав воздуха

## Теории флогистона и кислорода

### 1. Таблица характерных черт научных стилей

**Задание (для тебя лично):** Из двух предложенных стилей выбери тот, большинство характерных черт которого ближе тебе по духу, нравятся тебе, кажутся своими и т.д. (Не требуй подсказок от учителя. Выбирай, исходя из собственных представлений!)

Характерные черты «А»	Характерные черты «В»
Аналитическое, неоднородное, определённое, независимое, сложное, «небесность» горючего элемента, французское, математическое	Синтетическое, однородное, неопределённое, зависимое, простое, «землисто» горючего элемента, немецкое, английское, химическое, физическое
Выбор сделан (твоя подпись):	Выбор сделан (твоя подпись):

### 2. Словарик терминов

При работе с текстом по истории дискуссии этот словарик тебе пригодится для лучшего понимания терминов и понятий, которые в прошлые времена несколько отличались от тех, что употребляются в современной химии.

**Белая магнезия** —  $MgCO_3$ .

**«Воздушный спирт» селитры** — продукты разложения нитратов.

**Горючее водное начало** —  $H_2$ .

**Земля, землистое начало, землистый элемент** — оксиды металлов.

**Кальцинированная ртуть** ( $HgO$ ).

**Кислородное начало** —  $O_2$ .

**Корпускулы** — мельчайшие частицы материи (молекулы, атомы).

**Королёк сурьмы, королёк свинца** — выплавленный металл, полученный в результате сплавления металлургической руды и соды.

**Несовершенные металлы** — простые вещества металлы (Fe Cu Sn Pb).

**Окалина металлов** — оксид металла.

**Пористая известь** — негашёная мелкокристаллическая известь ( $CaO$ ).

**Прокаливание известняка** — разложение карбоната кальция (природного известняка).

**Раствор едкой извести** —  $Ca(OH)_2$ .

**Сложное тело** — сложное вещество.

### 3. Текст по истории дискуссии

#### Биографическая справка



**Антуан Лоран ЛАВУАЗЬЕ (1743–1794)** — гениальный французский химик, основатель теории кислорода. «Его научное наследие поражает чрезвычайным разнообразием: кроме фундаментальных работ по химии в его трудах встречаются исследования по физике, метрологии, метеорологии, минералогии, физиологии, статьи по химической технологии, сельскому хозяйству, экономике, народному образованию и социальной гигиене».

«В феврале 1765 года он представил академии наук свой первый научный труд «Анализ гипса»».



**Георг Эрнст ШТАЛЬ (1659–1734)** — выдающийся немецкий химик, врач и специалист по горному делу и пробирному искусству, один из авторов учения о флогистоне.

«Как искусный врач-практик Шталь пользовался большой популярностью; в 1726 году он приезжал в Петербург для лечения генералиссимуса А. Д. Меншикова, полководца и государственного деятеля, ближайшего сподвижника Петра I».

По одним источникам он был обаятельным человеком, что способствовало распространению теории флогистона; по другим — Шталь был высокомерен, угрюм, желчен, редко отвечал на письма, бурно реагировал на критику его взглядов и т.д.



**Карл Вильгельм ШЕЕЛЕ (1742–1786)** — выдающийся шведский химик, работы и открытия которого охватывают всю химию того времени — учение о газах, химический анализ, минеральную химию и начала органической химии, ещё не выделившейся в самостоятельную отрасль знания.

В детстве, когда он был учеником аптекаря, его «любимой книгой была книга Кункеля «Лаборатория», и по ней он проводил опыты по ночам, в секрете от всех».

«В 1775 году в возрасте 32-х лет его избрали членом Стокгольмской Академии наук, хотя он был всего-навсего рядовым фармацевтом».

«Король Швеции, путешествуя по Европе, услышал о выдающемся ученом и неизвестном ему подданном. Возвратившись к себе, он приказал наградить Шееле орденом. Но, увы, награда по ошибке досталась другому человеку, однофамильцу великого химика...»

Использована литература:

Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я. Выдающиеся химики мира. Библиографический указатель. — М., 1971;

В середине XVII века по проблеме причины увеличения массы металлов после прокаливания (кальцинации) проявились две позиции.

(А) На основе взглядов Ж. Рея (1630) и Р. Гука (1665) на природу горения Джон Мэйю, опираясь на собственные опыты, доказывал, что увеличение массы при кальцинации происходит по причине того, что частички газа (spiritu nitro-aero), или «воздушного спирта», вступают в соединение с металлами. «Д. Мэйю наблюдал, что в присутствии «воздушного спирта селитры» железо ржавеет и сера превращается в «серную кислоту»<sup>1</sup>. Он выяснил, что при горении и дыхании расходуется не весь воздух, а только часть, которая есть главный источник жизни и дыхания.

(В) Роберт Бойль, исходя из собственных опытов, сделал вывод, что увеличение веса является результатом воздействия на металл огня, т.е. огненные корпускулы из пламени проникают через стекло реторты, внутри которой происходит обжиг, и поглощаются металлом (например, оловом)<sup>2</sup>.

То есть, по Мэйю, увеличение веса происходит за счёт прилипания особой части воздуха к окалине металла, а, по Бойлю, за счёт поглощения частиц огня. «Изучая химические взаимодействия веществ и, в частности, вытеснение металлов из их солей, Бойль ввёл первоначальные понятия о химическом сродстве. Способность веществ к взаимодействию он объяснял «симпатией» и «антипатией» одних веществ по отношению к другим»<sup>3</sup>.

В конце XVII в. среди сторонников «В» можно заметить разбиение на субстили. Так, если увеличение веса металлов при их кальцинации, несмотря на то, что при этом улетучиваются сернистые частицы, (bV) Николая Лемери объяснял, следуя Бойлю, присоединением к металлу «огненной материи», то (aV) Иоганн Кункель считал, что «огненная материя» не имеет веса и что увеличение веса металлов при прокаливании на воздухе связано с переходом плотного металла в пористую «известь», в которой давление воздуха больше, что и приводит к её большему весу по сравнению с весом исходного металла<sup>4</sup>. То есть первый делал акцент на (b) внешних факторах, а второй на (a) внутренних.

Примечательно, что горючесть тел, по мнению многих сторонников Бойля, связана с наличием в металле жирного, маслянистого, или сернистого начала (см. у Н. Лемери, И. И. Бехера и др.). Кстати, на основе изучения этой возможной причины горючести позже возникла более абстрактная теория флогистона Г. Штала.

Кстати, в вопросе прокаливания известняка (середина XVIII в.) также обнаружилось расхождение между «А» и «В».

(А) Дж. Блэк «нашёл, что при прокаливании известняка к нему не только не присоединяется какая-либо материя, а наоборот, прокаливание сопровождается выделением из известняка значительного количества «воздуха», который после тщательного изучения свойств был назван «фиксируемым воздухом», поскольку «оказалось, что этот «воздух» легко поглощается — «фиксируется» (связывается) едкими щелочами, например раствором едкой извести»<sup>5</sup>. Этот «фиксируемый воздух» оказался ни чем иным, как углекислым газом.

(В) И. Ф. Мейер в противовес Блэку считал, что при прокаливании известняка (CaCO<sub>3</sub>) и белой магнезии (углекислого магния) «теряется не «фиксируемый воздух», а лишь вода и что переход от мягкой щёлочи к едкой связан с поглощением из огня особой «жирной кислоты» (acidum pingue)<sup>6</sup>. В этой критике Мейера поддерживал французский химик А. Бомэ, который был одним из упорных сторонников теории флогистона. Блэк же, первоначально, будучи флогистиком, затем перешёл на сторону теории кислорода.

В XVIII веке стиливая бинарность по этой же проблеме была представлена в виде двух оппозиций:

(А) теория кислорода (Антуан Лавуазье) и

(В) теория флогистона («флогистон» — от греч. φλόξ — «огонь» и φλογιστός — «горючий» (Георг Шталь).

Первая появилась в последней четверти века, а вторая продержалась всё столетие.

(А) Среди последователей Лавуазье — Д. Блэк, Ф. Гофман, Г. Бургава, Э. Жоффруа, Ж. Бюке, У. Хиггинс, Д. Фаброни, С. Гермбштедт, Х. Гиртаннер, М. Клапрот (с 1792 г.), К. Бертолле, А. Фуркруа (с 1786 г.), П. Аде, Ж. Ассенфранц, Л. Воклен, А. Снядецкий, Я. Д. Захаров, В. М. Севергин, В. В. Петров и др.

(В) Среди последователей Штала — К. Шееле, А. Маркграф, Т. Бергман, И. Потт, Л. Крелль, Ф. Грен, И. Виглеб, П. Шоу, Ю. Ган, А. Ретциус, Ж. Элло, П. Макёр, А. Боме, Дж. Фонтана, А. Салюцо, Р. Кирван (с 1796 г. в стане «А»), Дж. Пристли и др.

Примечательно, что

«А» приняли, прежде всего, французские математики, а потом уже химики, а

«В» приняли, прежде всего, немецкие и французские химики и английские физики.

«Вначале врачи и математики во Франции склонялись к Лавуазье, в то время как химики держались своих профессиональных предрассудков; победу новой теории в гораздо большей мере обеспечило новое поколение химиков в этой стране»<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Соловьев Ю. И. История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 41.

<sup>2</sup> См. там же. С. 43.

<sup>3</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 212.

<sup>4</sup> См. там же. С. 229.

<sup>5</sup> См. там же. С. 294.

<sup>6</sup> См. там же. С. 295.

<sup>7</sup> Родный Н. И. Очерки по истории и методологии науки. — М., 1975. С. 204.

## Теория флогистона (Георг Шталь)

**Исходная проблема**, как писал Шталь, заключалась в следующем: «Кузнецы, медники, литейщики колоколов и пуговичные мастера жаловались на то, что из несовершенных металлов в процессе прокаливания их на воздухе выгорает некоторая часть; металлы при этом распадаются, превращаясь как бы в золу... Почему это происходит, что это за явление, как оно протекает, что именно уходит из металла и, равным образом, как следует поступить, чтобы этого не происходило, или каким образом восстановить потери, — это неизвестно даже таким опытным мастерам»<sup>8</sup>.

(*В*) Шталь считал, что увеличение веса металла при прокаливании происходит благодаря флогистону как легчайшей из всех тел материальной субстанции, а воздух же в определённой мере является его растворителем. Горение свечи под колоколом, где происходило прокаливание, прекращается при максимально возможном растворении флогистона. «При медленном прокаливании металлов их плотность постепенно нарушается, и флогистон получает возможность свободно улетучиваться. Если этот процесс происходит быстро, то флогистон захватывает с собой мельчайшие частички вещества, которые затем осаждаются»<sup>9</sup>.

Представитель флогистонского учения *Л. Б. Гитон де Морво* иллюстрировал действие флогистона аналогией действию поплавок со свинцовым грузилом. «Пробка, благодаря тому, что она легче воды, как бы уменьшает “силу тяжести” свинца. Такую же роль в металлах и других телах играет флогистон, который легче воздуха, и при его выделении, т.е. при кальцинации, тела становятся более тяжёлыми, подобно тому как свинец, прикрепленный к удочке, “тяжелеет” после удаления пробки». То есть в 1773 г. Гитон де Морво «предположил, что флогистон настолько “лёгкий” элемент, что, присоединяясь к другим веществам, он уменьшает их вес, а покидая — увеличивает»<sup>10</sup>. Такой убеждённый химик-флогистик, как Пьер Макёр, с восторгом принял подобное объяснение, тогда как критикующие же эту гипотезу утверждали, что отрицательный вес невозможен, поскольку это противоречит законам физики. «Аналогия была бы полной, — замечает современный историк химии Ю. И. Соловьев по поводу примера с поплавком, — если бы плотность металлического оксида была больше плотности металла. Флогистики не учитывали того, что, хотя при кальцинации металлов наблюдается абсолютное увеличение массы конечного продукта, окалина имеет меньшую плотность, чем металл»<sup>11</sup>.

«Теория флогистона, — пишет М. Джуа, — основана на том положении, что чем больше флогистона содержит данное тело, тем более оно способно к горению; по Шталю, уголь состоит из почти чистого флогистона. Металлы, теряя флогистон, превращаются в извести, из которых, добавляя флогистон, можно снова получить металлы; если нагреть какую-либо окислу металла с углём, металл “возрождается” при помощи флогистона»<sup>12</sup>. Таким образом, реакция окисления отвечает потере флогистона, а восстановление — приобретению.

Своё учение Шталь основывал на опытах. «В одном из таких опытов Г. Шталь, расплавив в железном сосуде олово, нагрел его до начала каления. На поверхности металла появился черноватый порошок (оксид олова). Затем он снял с огня сосуд, добавил в него немного свечного сала и тщательно перемешал; порошковое вещество вновь превратилось в прежнее состояние. По мнению Г. Шталя, при обжигании таких металлов, как олово, железо, свинец, медь, корольёк сурьмы, из них изгоняется флогистон, и они рассыпаются в порошок, но к ним ничего не присоединяется; этот порошок приводят в прежнее состояние добавлением угля или жирных веществ при перемешивании. Г. Шталь наблюдал, что при плавке под углём в металл “вносится или добавляется нечто”. Прокаливая оксиды свинца со столь различными веществами, как уголь, сера, сахар и т.д., он во всех случаях получал корольёк свинца. Постоянство свойств образовавшегося металла (свинца, олова) Г. Шталь рассматривал как доказательство того, что во всех этих превращениях к “извести” (к оксидам) присоединяется одна и та же “материя” — флогистон»<sup>13</sup>.

Одним из самых ревностных сторонников теории флогистона являлся *Джозеф Пристли*. «В 1796 г. он, нагревая древесный уголь с магнетитом (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), получил газ, который, так же, как и водород, горел синим пламенем (без остатка) и восстанавливал оксиды до металлов. Дж. Пристли не придавал значения тому, что горючий газ, полученный из древесного угля, был в 14 раз тяжелее газа, полученного из металлов. Он полагал, что это была тяжелая форма горючего газа, и был уверен, что ему удалось выделить из древесного угля флогистон, точно так же как Г. Кавендиш выделил его из металлов. В 1800 г. Дж. Пристли обобщил результаты своих опытов в трактате “Доктрина флогистона установлена”<sup>14</sup>. Но годом позже английский химик У. Круйкшанка доказал, что тяжёлый «горючий воздух» вовсе не флогистон и не водород, как считалось, а оксид углерода (СО), в котором кислорода содержалось меньше, чем в «связанном воздухе» (углекислом газе; СО<sub>2</sub>). Пристли умер в 1804 г. так и не признав кислородную теорию. По сути, открыв кислород, Пристли так и не смог правильно понять его природу, претендуя, однако, перед Лавуазье на приоритет. По мнению Пристли, кислород представляет собой смесь азотной кислоты, земли и флогистона.

<sup>8</sup> Цит. по: *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 236.

<sup>9</sup> *Соловьев Ю. И.* История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 50.

<sup>10</sup> *Дорфман Я. Г.* Лавуазье. — М., 1962. С. 135.

<sup>11</sup> *Соловьев Ю. И.* История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 51.

<sup>12</sup> *Джуа М.* История химии. — М., 1975. С. 108.

<sup>13</sup> *Соловьев Ю. И.* История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 47.

<sup>14</sup> Там же. С. 97.

К теории флогистона химики обращались и при изучении состава воды. «Уже в начале XVIII столетия, — пишет Я. Г. Дорфман, — было известно, что при растворении железных опилок в серной кислоте выделяется “воздух”, обладающий способностью воспламеняться и сгорать со взрывом. Этот газ получил название “горючего воздуха”<sup>15</sup>. В 1766 г. английский учёный Г. Кавендиш посчитал, что это соединение флогистона с водой, т.е. гидрат флогистона (на самом же деле — водород), а летом 1781 г. подверг подробному исследованию процесс сгорания этого «горючего воздуха», чтобы уяснить себе природу росы, появляющейся на внутренних стенках сосуда после взрыва. Он выяснил, что эта роса есть ни что иное как простая вода. Истинный состав воды для Кавендиша остался загадкой, поскольку он считал, что превращение в чистую воду есть результат смеси двух видов воздуха: «горючего» и «дефлогистированного». Похожие опыты проводили также Дж. Уатт, Р. Кирван и Дж. Пристли, и пришли примерно к тем же выводам на основе теории флогистона»<sup>16</sup>.

## Теория кислорода (Антуан Лавуазье)

(*А*) Первым к правильному ответу на вопрос о том, почему олово и свинец увеличиваются в весе, когда их обжигают, приблизился в 1630 г. французский врач-химик Жан Рей. Он так ответил на письмо спрашивающего его аптекаря Брена из Бержерака: «увеличение в весе происходит от воздуха, который в сосуде был сгущён, утяжелён и благодаря сильному и продолжительному жару печи стал как бы липким; этот воздух смешивается с окалиной (чему помогает частое перемешивание) и пристаёт к её мельчайшим частицам, подобно тому как вода утяжеляет песок, который вы в неё бросаете и перемешивается с ней...»<sup>17</sup>. То есть причина появления окалины связывается с чем-то невесомым, а воздух, как вещество весомое, затем лишь присоединяется к окалине, добавляя вес.

Как ни странно, но первый шаг к открытию кислорода был сделан убеждённым сторонником теории флогистона Джозефом Пристли. Он вспоминал: «... 1 августа 1774 г. я попытался извлечь воздух из кальцинированной ртути и нашёл, что воздух легко может быть изгнан из неё посредством линзы (через которую фокусировались солнечные лучи, нагревая объект. — *В. П.*). Этот воздух не поглощался водой. Каково же было моё изумление, когда я обнаружил, что свеча горит в этом воздухе необычайно ярким пламенем. Тщетно пытался я найти объяснение этому явлению...»<sup>18</sup>. Для Пристли оксид ртути — простое вещество, образованное при нагревании ртути в воздухе и потому лишённое флогистона. Выделение «дефлогистированного воздуха» (обыкновенный воздух минус флогистон) из оксида ртути казалось ему просто невозможным. Чуть раньше, исследуя свойства воздуха нагреванием селитры, нитрата магния, перегонкой смеси селитры с серной кислотой, «огненный воздух» (кислород) открыл К. Шееле. Для него теплота — это соединение «огненного воздуха» (кислорода) и флогистона. «Огненный» же потому, что он один поддерживает огонь, тогда как два других известных в то время (азот — «мефитический (испорченный) воздух» и углекислый газ — «эфирная кислота») гасят его. «“Огненный воздух”, — писал К. Шееле, — есть тот самый, посредством которого поддерживается циркуляция крови и соков у животных и растений... Я склонен думать, что “огненный воздух” состоит из кислой тонкой материи, соединённой с флогистоном, и, вероятно, что все кислоты получили своё начало от “огненного воздуха”»<sup>19</sup>.

Карл Шееле, кстати, представляет ещё один пример (наряду с Дж. Пристли, П. Байеном и др.) того, насколько стиль теоретического мышления у одного и того же исследователя может не соответствовать результатам его блестящих экспериментов. «Последователь теории флогистона, Шееле всюду прибегал к флогистическим объяснениям, — отмечает Н. А. Фигуровский. — Конечно, ему далеко не всегда легко удавалось примирить факты и флогистические представления, в частности объяснить реакции получения кислорода. Иногда он вынужден был прибегать к фантазиям. Так, он утверждал, что “свет” не “истинный элемент”, а состоит из “огненного воздуха” и флогистона. Флогистон же, по его мнению, истинный элемент и простейшее начало»<sup>20</sup>. Такого рода заблуждения в науке Лавуазье объяснял субъективными факторами.

Между прочим, и сам *Антуан Лавуазье* отнюдь не сразу создал кислородную теорию. Первоначально сжигая фосфор, он полагал, что при горении вещества разлагаются, выделяя огненное начало — флогистон и увеличиваясь в весе. «Интересно отметить, — пишет Я. Г. Дорфман, — что увеличение в весе при горении фосфора было обнаружено ещё в 1743 г. ассистентом Р. Бойля Ханкевицем в Англии, а затем, независимо от него, Маркграфом в 1743 г. в Германии. Вероятно, Маркграф не знал о работе Ханкевица, а Лавуазье не знал о работе их обоих»<sup>21</sup>. Вообще, в плане получения информации из-за рубежа у Лавуазье были проблемы. Это можно объяснить тем, что он (*А*) плохо знал иностранные языки, и позже ему обычно жена помогала в переводах работ англо- и немецкоязычных авторов (например, она в 1788 г. перевела с английского языка книгу химика-флогистика Ричарда Кирвана «Очерк о флогистоне и о конституции кислот»). Кстати, у Пристли (*В*), в отличие от Лавуазье, с детства были выдающиеся способности к иностранным языкам<sup>22</sup>.

<sup>15</sup> *Дорфман Я. Г.* Лавуазье. М.—Л., 1948. С. 211.

<sup>16</sup> См. *Дорфман Я. Г. Лавуазье.* — М.—Л., 1948. С. 220–221. Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 300–301.

<sup>17</sup> Цит. по: *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 201.

<sup>18</sup> Цит. по: *Соловьев Ю. И.* История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 69–70.

<sup>19</sup> Цит. по: там же. С. 71.

<sup>20</sup> *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 317.

<sup>21</sup> *Дорфман Я. Г.* Лавуазье. М.—Л., 1948. С. 107.

<sup>22</sup> См. *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 304.

В результате одного из своих многочисленных опытов по обжигу металлов Лавуазье удалось показать, что «от  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{9}$  объёма воздуха, содержащегося в реторте, было поглощено оловом при обжиге»<sup>23</sup>. То есть, отмечал Лавуазье, «запаянные герметически реторты, взвешенные до и после обжига в них порции олова, не обнаруживают никакой разницы в весе; это, очевидно, доказывает, что увеличение веса, приобретённое металлом, не происходит ни от материи огня (как считал Р. Бойль. — *В. П.*), ни от какой-либо иной материи извне реторты». Вместе с тем, «при всяком обжиге олова увеличение веса довольно точно равняется весу поглощённого количества воздуха; это доказывает, что порция воздуха, соединяющаяся с металлом во время обжига, обладает плотностью, примерно равной плотности воздуха атмосферы» и эта «порция воздуха, соединяющаяся с металлами, несколько тяжелее, чем воздух атмосферы, а часть воздуха, остающаяся после обжига, наоборот, несколько легче его»<sup>24</sup>. И, действительно, кислород, соединяющийся с металлами при их обжиге, обладает молекулярным весом 32, между тем как основная остающаяся субстанция — азот — обладает молекулярным весом 28. Причём, замечает в 1774 г. Лавуазье, «весь воздух атмосферы в целом не находится в состоянии, пригодном для дыхания, но лишь его оздоравливающая часть, которая соединяется с металлами при обжиге, а то, что остаётся после обжига, есть своего рода удушливая часть, непригодная для поддержания дыхания животных и горения тел»<sup>25</sup>.

Лавуазье был знаком с опытами Пристли, но утверждал, что одни и те же факты привели их к диаметрально противоположным выводам. Первый различал в атмосферном воздухе различные по свойствам газы, а второй «считал воздух однородным веществом, лишь загрязнённым... флогистонем, т.е. огненной материей и разными испарениями»<sup>26</sup>.

Газообразный кислород Лавуазье рассматривал в качестве сложного тела, соединяющего «кислородное начало» с некоторым количеством теплорода как неким тепловым веществом. Например, при своём горении «фосфор разлагает кислородный газ, захватывает его основу, и теплород, становящийся при этом свободным, улетучивается и рассеивается, распределяясь между окружающими телами»<sup>27</sup>. Кстати, насчёт теплорода у Лавуазье были противоречивые взгляды: «мы вовсе не обязаны даже предполагать, что теплород есть реальное вещество, достаточно..., чтобы это была лишь какая-нибудь р и ч и н а отталкивания, раздвигающая молекулы»<sup>28</sup>.

В статье 1783 г. «Соображения о флогистоне» Лавуазье писал: «Но если в химии всё объясняется удовлетворительным образом без помощи флогистона, то одно это означает бесконечно большую вероятность того, что такое начало не существует и что оно представляет собой гипотетическую субстанцию, неосновательное предположение... В эпоху, когда писал Шталь, основные явления горения ещё не были известны. Об этом явлении он знал лишь то, что поражает сознание, — выделение света и тепла... Он предположил, что посредником при соединении огня с горючими телами служит некое землистое начало, и он назвал *горючим началом* или *флогистонем* результат этого соединения...»<sup>29</sup>. Лавуазье критиковал неопределённость этого понятия, по которому горючее начало то весомо, то невесомо, то представляет собой свободный огонь, а то огонь, соединённый с землистым элементом. И вообще получалось, что горючие тела содержат огненную материю потому, что они горят, и что они горят потому, что содержат огненную материю. Он хотел большей строгости в определении.

Поэтому в 1780 г. «на основании твёрдо установленных фактов» он предложил переименовать «дефлогистированный воздух» Пристли, или, как он сам обозначал, «удобовдыхаемый воздух», в кислотообразующее начало, или кислород, или кислород<sup>30</sup>. Однако, пытаясь объяснить феномен горения, сам Лавуазье прибегал к неверной аналогии огня с кислотным растворителем металлов и водным растворителем соли.

Если

- последователи Лавуазье (А) считали причиной окисления кислород как таковой, то
- последователи Шталь (В) видели причину во флогистоне, считая кислород «огненным воздухом» (К. Шееле) или «дефлогистированным воздухом» (Дж. Пристли).

Однако, первые были не правы, считая кислород носителем кислотных свойств или единственным элементом, способствующим реакции окисления. Лавуазье вместе с Клодом Бертолле в своё время впадал в ошибку, полагая, что соляная («муриевая» от *muria* — рассол) кислота (HCl) содержит кислород, а хлор как «окисленная соляная кислота» состоит из соляной кислоты и кислорода<sup>31</sup>. Это же касалось и синильной кислоты (HCN).

Изучая состав воды, Лавуазье в 1783 г. проделал обратный опыт тем, что делали Г. Кавендиш, Дж. Уатт, Р. Кирван и Дж. Пристли. То есть он попытался разложить воду. На основе результатов до этого проделанных опытов он записал следующее: «Я высказал предположение, что ежели вода в самом деле представляет собою, как это показывает сжигание обоих видов воздуха, соединение кислородного начала с горючим водным началом, то нельзя её разложить и получить отдельно одно из её начал, не предоставив второму началу другое какое-либо вещество, к которому оно бы имело большое сродство: поскольку горючее водное начало

<sup>23</sup> Дорфман Я.Г. Лавуазье. М.-Л., 1948. С. 133.

<sup>24</sup> См. Там же. С. 133-134.

<sup>25</sup> Цит. по: там же. С. 159.

<sup>26</sup> Там же. С. 170.

<sup>27</sup> Цит. по: там же. С. 296.

<sup>28</sup> Цит. по: там же. С. 302.

<sup>29</sup> Цит. по: Дюжа М. История химии. — М., 1975. С. 139.

<sup>30</sup> См. Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 349.

<sup>31</sup> Подробнее см. Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времён до начала XIX в. — М., 1969. С. 390–391.

имеет больше сродства к кислородному началу, чем к любому другому телу... кислородное начало надо было атаковать»<sup>32</sup>. То есть нужно было найти такое вещество, которое могло бы присоединить кислород воды к себе и освободить водород. Суть опыта такова. «Под колоколом над ртутью помещалась дистиллированная прокипячённая вода, в которую погружались очень чистые железные опилки. Через некоторое время (отдельные опыты продолжались месяцами) на опилках появлялась окалина, оказавшаяся по своему составу магнетитом (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> • H<sub>2</sub>O). В то же время над ртутью собирался выделявшийся у воды в большом количестве газ, оказавшийся водородом»<sup>33</sup>.

Сторонники (А) кислородной теории ратовали за строгую определённость «небесности» горючего элемента (Ян, мужское начало), а

сторонники (В) теории флогистона — за неопределённость «землистости» горючего элемента (Инь, женское начало). По Лавуазье, земля насыщена кислородом, но не кислород землёй. Кислород — простое вещество, а земля — сложное.

Примечательно, что жена Лавуазье Мария была замечательным художником-иллюстратором, делавшим рисунки оборудования в его книгах, а друг Лаплас — выдающимся математиком, помогающим в планировании, проведении и анализе химических опытов.

Итак, в самом общем виде рассмотренные оппозиции выглядят так:

С точки зрения последователей теории флогистона	С точки зрения последователей теории кислорода
Металл – флогистон = металлическая известь (окисел)	Металл + кислород = окисел металла («известь» флогистиков)

## 4. Творческое задание

Для выполнения этого задания ваша группа сторонников теории (это либо «А», либо «В») должна разбиться на три примерно равные подгруппы — № 1, № 2, № 3.

После того, как появились три подгруппы, найдите далее задание для своей и вместе выполняйте его.

### Творческое задание для группы № 1

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В октябре 1774 г. Антуан Лавуазье познакомился с английским химиком и философом Джозефом Пристли, который посетил Париж. Пристли рассказал о том, что, разлагая Mercurius calcinatus (HgO), он получил «воздух», не растворяющийся в воде, в котором свеча горела удивительно сильным пламенем, напоминающим обильное пламя, даваемое свечой в селитряном воздухе, подвергнутом действию железа. Пристли полагал, что полученный им дефлогистированный воздух — это особая модификация селитряного воздуха (N<sub>2</sub>O). Он принял кислород за нестойкий N<sub>2</sub>O и считал его модификацией NO. По мнению Пристли, селитряной воздух (обычный и модифицированный) и азотная кислота (HNO<sub>3</sub>) и атмосферный воздух и все другие «кислотные воздуха» должны содержать общий компонент, общее кислотное начало. Если это-

го начала много, то газ наделён кислотными свойствами, если мало или нет вовсе — то основными; более того, истинный источник кислотности — это «нечто селитряное».

Вот те идеи, которыми Пристли поделился с Лавуазье. Французский химик заинтересовался полученной информацией: ведь опыты в 1772–1773 гг. убедили его в том, что кислоты содержат воздух или какую-то его часть. В 1775 г. Лавуазье обратился к экспериментам по разложению Mercurius calcinatus (HgO), с помощью и без помощи угля и с удивлением обнаружил, что в первом случае выделяется растворимый, а во втором случае — нерастворимый в воде газ, хотя должно быть НАОБОРОТ: ведь уголь богат флогистонем.

Лавуазье написал Пристли о результатах своих многочисленных экспериментов:

<sup>32</sup> Цит. по: Дорфман Я. Г. Лавуазье. — М.-Л., 1948. С. 229.

<sup>33</sup> Дорфман Я. Г. Лавуазье. — М.-Л., 1948. С. 230.

«Дорогой друг! Хочу сообщить Вам о выводах, которые я сделал на основании моей экспериментальной работы «Опыты по разложению ртутной окалины»:

1. При нагревании ртутной окалины без угля выделяется газ, который присоединяется к телам при их горении.

2. Он же образуется при их прокаливании.

3. Этот газ поглощается при дыхании живого.

Чем больше содержится «живительного воздуха» в теле, тем ярче проявляются его кислотные свойства. Я назвал этот воздух кислородом.

**1. Восстановление окалины с помощью угля.**

(Me + основание кислорода) [+ C + флогистон] → Me + (основание кислорода + материя угля + флогистон)

**2. Восстановление окалины без угля (нагреванием)**

(Me + основание кислорода) [+ флогистон] → Me + (основание кислорода + флогистон)

**Я склонен думать дорогой друг, что флогистон, как материя не существует».**

### Творческое задание для группы № 2

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** К теории флогистона химики обращались при изучении состава воды. К началу XVIII столетия было известно, что при растворении железных опилок в серной кислоте выделяется «воздух», способный сгорать со взрывом. Его назвали «горючим воздухом».

Летом 1781 г. английский учёный Генри Кавендиш в своей лаборатории провёл исследование, о котором писал так: «Я подверг подробному исследованию процесс сгорания «горючего воздуха», чтобы уяснить себе природу росы, появляющейся на внутренних стенках сосуда после взрыва. Мне удалось выяснить, что роса есть ни что иное как простая вода. По моему умозаключению образование чистой воды есть результат смеси двух видов воздуха: «горючего» и «дефлогистированного»».

В 1873 году Антуан Лавуазье, узнав, что, используя электрическую дугу, Кавендиш доказал образование воды при сжигании смеси «горючего» воздуха (водорода) и «дефлогистированного» воздуха (кислорода) в закрытом сосуде. Лавуазье провёл обратный эксперимент, в котором пропускал водяной пар через железные стружки, помещённые в сильно нагреваемую медную трубку. В результате «дефлогистированный» воздух (кислород) соединялся с железными стружками и на них появлялась окалина, а «горючий» воздух (водород) собирался на конце трубки.

Таким образом, Генри Кавендиш и Антуан Лавуазье экспериментально доказали один и тот же состав воды, но разными способами, и объясняли суть явления один с точки зрения теории флогистона, другой — с точки зрения теории кислорода.

### Творческое задание для группы № 3

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В XVIII в. воздух считали элементом — однородным веществом, которое никакими силами нельзя расщепить на ещё более простые составные части. Шведский учёный **Карл Шееле** (1742–1786), аптекарь в начале жизни и член Шведской Академии Наук впоследствии, тоже сначала был такого мнения. Но скоро он должен был его изменить после того, как стал проводить опыты с различными химическими веществами в сосудах, плотно закрытых со всех сторон. Какие бы вещества ни пытался Шееле сжигать в закрытых сосудах, он всегда обнаруживал одно и то же любопытное явление: воздух, который находился в сосуде, обязательно уменьшался при горении на одну пятую часть, по окончании опыта вода обязательно заполняла одну пятую часть объёма колбы, и его озарила догадка, что воздух не является однородным.

Далее он стал изучать разложение нагреванием множества веществ (среди которых была и селитра KNO<sub>3</sub>) и получил газ, который поддерживал дыхание и горение. По некоторым данным уже в 1771 г. Карл Шееле при нагреве пиrolюзита с концентрированной серной кислотой наблюдал выделение «виртольного воздуха», поддерживающего горение, т.е. кислорода. Карл Шееле хотел раскрыть загадку огня и при этом неожиданно обнаружил, что воздух — не элемент, а смесь двух газов, которые он называл воздухом «огненным» и воздухом «негодным». Это было величайшим из всех открытий Шееле. Но в действительности тайна огня и полученного им «огненного» воздуха так и осталась для него тайной. Во всём была виновата господствовавшая в те времена теория флогистона, по которой считалось, что всякое вещество может гореть только в том случае, если в нём много особой горючей материи — флогистона, а горение представляет собой распад сложного горючего вещества на особый огненный элемент — флогистон — и другие составные части.

Карл Шееле тоже был сторонником этой теории, поэтому он объяснял, что «огненный воздух» имеет большое сродство (влечение) к флогистону, поэтому и сгорает в нём так быстро, а «негодный» воздух не имеет влечения к флогистону, поэтому в нём и гаснет всякий огонь. Это было довольно правдоподобно, но оставалась одна большая загадка, которая казалась совершенно необъяснимой. Куда уходил во время горения «огненный» воздух во время горения из закрытого сосуда? Наконец, он придумал такое объяснение. Когда сгорает какое-нибудь тело, говорил он, то выделяющийся из него флогистон соединяется с «огненным» воздухом, и это невидимое соединение настолько летуче, что оно незаметно просачивается сквозь стекло, как вода сквозь сито. Несмотря на то, что он впервые в истории получил в лабораторных условиях кислород, приоритет открытия кислорода принадлежит Джозефу Пристли (1774), так как труд Шееле был опубликован только в 1777 году.

Вторым официально признанным претендентом на лавры первооткрывателя кислорода является английский священник и химик **Джозеф Пристли** (1733–1804). 1 августа 1774 г. Джозеф Пристли

наблюдал выделение «нового воздуха» при нагревании с помощью двояковыпуклой линзы без доступа воздуха ртутной окалины, находящейся под стеклянным колпаком. Это твёрдое вещество было известно ещё алхимикам под названием «меркуриус кальцинатус пер се», или жжёная ртуть. Получаемый при нагревании оксида ртути неизвестный ему газ он выводил через трубку в сосуд, заполненный не водой, а ртутью, так как Пристли уже ранее убедился в том, что вода слишком хорошо растворяет газы. В собранный газ Пристли из любопытства внёс тлеющую свечу, и она вспыхнула необыкновенно ярко. Пристли описал свой опыт в 1774 г. следующим образом: «Я поместил под перевёрнутой банкой, погружённой в ртуть, немного порошка «меркуриус кальцинатус пер се». Затем я взял небольшое зажигательное стекло и направил лучи Солнца прямо внутрь банки на порошок. Из порошка стал выделяться воздух, который вытеснил ртуть из банки. Я принялся изучать этот воздух. И меня удивило, даже взволновало до глубины моей души, что в этом воздухе свеча горит лучше и светлее, чем в обычной атмосфере». В 1775 г. Джозеф Пристли отождествил газ, полученный им при нагревании красной окиси ртути, с воздухом вообще, но имеющим меньшую, чем обычно, дозу флогистона. Для химика, придерживающегося теории флогистона, это, конечно же, был совершенно неведомый ранее вид газа.

Сам Пристли, будучи, как и Шееле, сторонником теории флогистона, тоже так и не смог объяснить суть процесса горения; он защищал свои представления даже после того, как Антуан Лавуазье (1743–1794) обнаружил новую теорию горения.

Третий официальный претендент в первооткрыватели кислорода, французский химик **Антуан Лавуазье** (1743–1794), начал свою работу, которая привела его к открытию, после эксперимента Джозефа Пристли в 1774 г., и, возможно, благодаря намёку со стороны Пристли. Из своих собственных опытов и предшествовавших опытов Пристли и Шееле Лавуазье уже знал, что с горючими веществами связывается лишь одна пятая часть воздуха, но природа этой части была ему неясна. Когда же Пристли сообщил ему в 1774 г. об обнаружении «дефлогистированного воздуха», он сразу понял, что это и есть та самая часть воздуха, которая при горении соединяется с горючими веществами. Повторив опыты Пристли, Лавуазье заключил, что атмосферный воздух состоит из смеси «жизненного» (кислород) и «удушливого» (азот) воздуха и объяснил процесс горения соединением веществ с кислородом.

В начале 1775 г. Лавуазье сообщил, что газ, получаемый после нагревания красной окиси ртути, представляет собой «воздух как таковой без изменений (за исключением того, что)... он оказывается более чистым, более пригодным для дыхания». К 1777 г., вероятно, не без второго намёка Пристли, Лавуазье пришёл к выводу, что это был газ особой разновидности, один из основных компонентов, составляющих атмосферу. Правда, сам Пристли, как сторонник теории флогистона, с таким выводом никогда не смог бы согласиться.

## 5. Лабораторный журнал

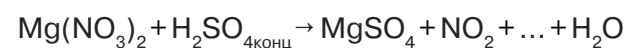
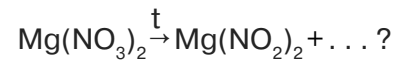
### 5.1. Группа «А». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Теория кислорода

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 1.** К. Шееле открыл «огненный воздух» нагреванием нитрата магния с серной кислотой (конц.) и описал его свойства: им поддерживается циркуляция крови и соков у животных и растений.

**ОПЫТ № 1.** Возьмите сухую пробирку с газоотводной трубкой; насыпьте  $\frac{1}{3}$  нитрата калия; нагрейте пробирку до полного разложения соли; газоотводную трубку опустите в сухую пробирку, соберите в неё выделяющийся газ. Пробирку с газом закройте пробкой. Возьмите палочку для сжигания веществ. Насыпьте в неё 5 г серы. Нагрейте серу до расплавления и внесите в пробирку с газом. В неё налейте 5 мл воды и добавьте 5 капель лакмуса.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Опишите вещество, которое осталось в пробирке после разложения нитрата магния.
2. Что произошло с тлеющей лучиной при внесении в пробирку с газом?
3. Составьте уравнения химических реакций. Расставьте коэффициенты.



**Вопросы и задания на понимание:**

1. Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии.

2. Газ, выделяющийся при разложении нитрата магния, называется, по К. Шееле....., а А. Лавуазье в 1780 г. назвал его.....

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 2.** А. Лавуазье в своих опытах по обжигу металлов в запаянных ретортах установил, что олово поглощает от  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{9}$  объёма воздуха. Эта порция воздуха несколько тяжелее, чем сам воздух, и она пригодна для дыхания.

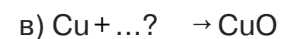
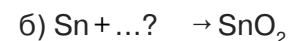
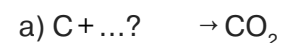
**ОПЫТ № 2.** Возьмите чашку Петри и налейте  $\frac{2}{3}$  воды. На воду положите плавающую свечу и зажгите её. Накройте свечу сухим мерным стаканом (имеет 5 делений) так, чтобы края стакана упирались в дно чашки.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. На сколько делений поднялся уровень воды под стаканом?

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнения химических реакций. Расставьте коэффициенты.



2. Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII века, обращаясь к тексту по истории научной дискуссии.

3. Почему вес «воздуха», соединяющегося с металлами, несколько тяжелее атмосферного воздуха (по Лавуазье)?

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 3.** А. Лавуазье считал газообразный кислород сложным телом (веществом), которое состоит из кислородного начала и теплорода (некая сила, которая отталкивает молекулы).

**ОПЫТ № 3.** Возьмите ложечку для сжигания веществ и насыпьте в неё красного фосфора. Нагрейте ложечку над пламенем спиртовки до воспламенения фосфора. Опустите ложечку в колбу, наполненную кислородом. После полного сгорания фосфора выньте ложку и налейте в колбу воды. Когда образовавшийся газ полностью поглотится водой, прилейте лакмус.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Каким пламенем горел фосфор на воздухе?
2. Каким пламенем горел фосфор в кислороде?
3. Что появилось в колбе после сгорания фосфора?
4. Как изменил окраску лакмус в растворе?

**Вопросы и задания на понимание:**

- 1) Составьте уравнения реакций, согласно схеме превращений:  $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$ .

- 2) Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии.

- 3) Может ли фосфор разлагать кислород?

- 4) Как можно объяснить наличие теплорода?

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 4.** А. Лавуазье в 1783 г. проделал опыт по разложению воды.

**ОПЫТ № 4.** Электролиз воды (демонстрация учителем или лаборантом).

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Какой газ выделялся на аноде?
2. Какой газ выделялся на катоде?

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнение химической реакции электролиза воды



2. Опишите уравнение химической реакции с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии (разложение воды).

3. Почему А. Лавуазье считал, что нельзя разложить воду на два соединения: кислородное начало и горючее водное начало?

**ОПЫТ А. ЛАВУАЗЬЕ.** В 1775 г. Лавуазье обратился к экспериментам по разложению MERCURIUS CALCINATUS: а) разложение ртутной окалины без угля, б) разложение ртутной окалины с помощью угля, который богат флогистоном. В первом случае выделялся нерастворимый, а во втором — растворимый в воде газ. Газ, полученный прокаливанием оксида ртути и нерастворимый в воде, присоединяется (взаимодействует) с простыми веществами (фосфор), поддерживает дыхание («живительный воздух»).



**Объяснение опыта А. Лавуазье.** Из ртутной окиси (HgO) при её нагревании без угля выделяется новый газ (кислород), который взаимодействует с веществами при их горении (фосфор + кислород) и прокаливании (олово + кислород); поглощается при дыхании («живительный воздух»); присутствует в атмосфере. Флогистон, как химический агент, для химических реакций не нужен.

## 5.2. Группа «В». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Теория флогистона

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 1.** Д. Мэйоу наблюдал, что в присутствии «воздушного спирта селитры» железо ржавеет, а сера превращается в серную кислоту.

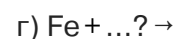
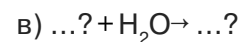
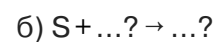
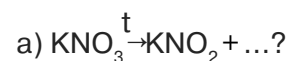
**ОПЫТ № 1.** Возьмите сухую пробирку с газоотводной трубкой; насыпьте  $\frac{1}{3}$  нитрата калия; нагрейте пробирку до полного разложения соли; газоотводную трубку опустите в сухую пробирку, соберите в неё выделяющийся газ. Пробирку с газом закройте пробкой. Возьмите палочку для сжигания веществ. Насыпьте в неё 5 г серы. Нагрейте серу до расплавления и внесите в пробирку с газом. В неё налейте 5 мл воды и добавьте 5 капель лакмуса.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

- 1) Каким пламенем горела сера в газе, полученном при разложении нитрата калия?
- 2) Ощущался ли запах после горения серы?
- 3) Как изменил окраску лакмус?

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнения химических реакций:



2. Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии:

3. Газ, выделяющийся при разложении нитрата калия, называется, по Д. Мэйоу, ....., а современное его название.....

4. Соединения, образующиеся при горении железа относятся к классу..... на современном языке, а в XVII–XVIII вв. их называли .....

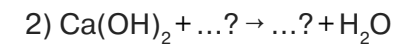
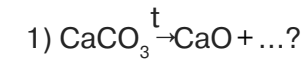
**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 2.** Д. Блэк нашёл, что при прокаливании известняка к нему не только не присоединяется какая-либо материя, а наоборот, выделяется значительное количество «воздуха», который поглощается раствором едкой извести.

**ОПЫТ № 2.** Приготовьте прибор для собирания газов. Проверьте его на герметичность. В сухую пробирку насыпьте 10 г растолчённого мела, закрепите её на штативе. Закройте пробирку газовой трубкой и опустите её в раствор известковой воды. Нагрейте пробирку.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Как изменилась окраска известковой воды после пропускания через неё газа, выделившегося при разложении мела?
2. Что изменилось в пробирке после нагревания?

**Вопросы и задания на понимание:**



- 3) Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии:

- 4) Газ, выделяющийся при разложении мела, называется по Д. Блэк....., а современное его название.....

- 5) Почему Д. Блэк назвал газ «фиксируемым воздухом»? Ответ:

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 3.** Г. Шталь считал, что увеличение веса металла при прокаливании происходит благодаря флогистону, как легчайшей из всех тел материальной субстанции. Своё учение он основывал на опытах с оловом, железом, свинцом, медью. При их обжиге флогистон изгоняется, а при плавке с углём — металл восстанавливается, т.к к нему присоединяется флогистон.

**ОПЫТ № 3.** Возьмите порошок меди (II) и просушите его на огне в открытой фарфоровой чашке (порошок должен быть чёрного цвета). Затем насыпьте полученный реактив в фарфоровый тигель и добавьте мелкодисперсный древесный уголь (кокс) из расчёта 10 частей CuO к 1 части кокса. Всё тщательно разотрите пестиком. Закройте неплотно крышкой, чтобы при реакции улетучивался образующийся углекислый газ, и поместите в муфельную печь с температурой около 1000 градусов по Цельсию.

После того как реакция закончится, тигель охладите, а содержимое залейте водой.

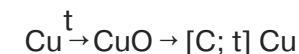
**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Какие изменения произошли после перемешивания смеси оксида меди (II) и угля?

2. После прокалывания и охлаждения смеси в виде чего вы получили медь? Опишите полученные продукты реакции.

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнения реакций, согласно схеме превращений:



2. Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии.

3. Почему свойства металла после обжига изменяются? Почему свойства металла после обжига с углём восстанавливаются?

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 4.** Г. Кавендиш считал, что «горючий воздух», полученный при растворении железных опилок в серной кислоте, не что иное, как соединение флогистона с водой, т.е. гидрат флогистона.

**ОПЫТ № 4.** Приготовьте прибор для собирания газов. Проверьте его на герметичность. В сухую пробирку насыпьте 5 г железного порошка и прилейте 10 мл раствора серной кислоты. Закройте пробирку газоотводной трубкой и на неё наденьте сухую пробирку (дном вверх) Соберите газ. В пробирку с газом внесите зажжённую лучину.

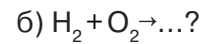
**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Что происходило в пробирке со смесью железа и серной кислотой?

2. Что образовалось на стенках пробирки после внесения зажжённой лучины?

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнения химических реакций



2. Опишите уравнения химических реакций с использованием химической терминологии XVII–XVIII вв., обращаясь к тексту по истории научной дискуссии.

3. а) Что такое «горючий воздух»?

б) Что такое гидрат флогистона?

в) Г. Кавендиш и Д. Пристли считали, что образование чистой воды — это результат.....

**Опыт Д. Пристли.** В 1774 г. Д. Пристли наблюдал выделение «огненного воздуха» при нагревании с помощью двояковыпуклой линзы без доступа воздуха ртутной окалины (оксида ртути) — MERCURIUS CALCI-NATUS. Он поместил под перевернутой банкой, погружённой в ртуть, немного порошка MERCURIUS CALCI-NATUS. Затем через линзу направил солнечный свет внутрь банки на порошок. Из порошка начал выделяться «воздух», который вытеснил ртуть из банки. Выделившийся газ был собран через газоотводную трубку. Изучая свойства газа, Пристли обнаружил, что при внесении в него горящей свечи она здесь ярче и светлее, чем в обычной атмосфере.

**Объяснение опыта по Пристли.** Полученный газ — это атмосферный воздух, который имеет в своём составе небольшую дозу флогистона, поэтому свеча в нём горит более ярко, чем в атмосферном воздухе.

## 6. Аргументы для дискуссии

Аргументы группы «А»

---



---



---



---



---



---



---



---

Аргументы группы «В»

---



---



---



---



---



---



---



---

# 9 класс. Растворы

## Ионная и гидратная теории

### 1. Таблица характерных черт научных стилей

**Задание (для тебя лично):** Из двух предложенных стилей выбери тот, большинство характерных черт которого ближе тебе по духу, нравятся тебе, кажутся своими и т.д. (*Не требуй подсказок от учителя. Выбирай, исходя из собственных представлений!*)

Характерные черты «А»	Характерные черты «В»
Распад (диссоциация), физическое, порции энергии, разбавленное, слабое, растворимое, количественное, условное, шведское и голландское	Объединение (ассоциация), химическое, изменение вещества, концентрированное, крепкое, растворяющее, качественное, реальное, русское и английское
Выбор сделан ( <i>твоя подпись</i> ):	Выбор сделан ( <i>твоя подпись</i> ):

### 2. Словарик терминов

При работе с текстом по истории дискуссии этот словарь тебе пригодится для лучшего понимания терминов и понятий, которые в прошлые времена несколько отличались от тех, что употребляются в современной химии.

**Бинарные соединения** — химические вещества, образованные, как правило, двумя химическими элементами. К таким соединениям относятся, прежде всего, оксиды, летучие водородные соединения, а также галогениды.

**Криоскопия** — (от греч. *Κρύο* — «холод» и греч. *Σκοπέω* «смотрю») — метод исследования растворов, в основе которого лежит измерение понижения температуры замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя. Был предложен Ф. Раулем в 1882 году.

**Сольватация** — (от лат. *Solvo* — «растворяю») — электростатическое взаимодействие между частицами (ионами, молекулами) растворённого вещества и растворителя. Сольватация в водных растворах называется гидратацией. Образующиеся в результате сольватации молекулярные агрегаты называются сольватами (в случае воды гидратами). В отличие от сольволиза объединение однородных частиц в растворе называют ассоциацией.

Представление о сольватации ионов было введено одновременно и независимо И. А. Каблуковым и В. А. Кистяковским в 1889–1891 гг.

**Химические индивиды** — элементы или химические соединения.

**Эбуллиоскопия** — (от лат. *Ebulio* — «вскипаю») — метод исследования растворов, основанный на измерении повышения их температуры кипения по сравнению с чистым растворителем.

Используется для определения молекулярной массы растворённого вещества, активности растворителя, степени диссоциации (или изотонического коэффициента).

### 3. Текст по истории дискуссии

#### Биографическая справка



**Сванте Август АРРЕНИУС (1859–1927)** — выдающийся шведский учёный, автор теории электролитической диссоциации (ионной теории растворов).

Детство прошло в Упсале, где уже «в трёхлетнем возрасте он мог читать, а к шести годам поражал окружающих необычайной страстью к счёту».

Учась химии в Упсальском университете, Сванте жаловался, что «никогда не слышал ни единого слова о Менделеевской системе, а ведь ей было уже больше десяти лет».

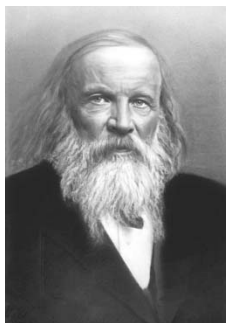
«По рассказам современников, Аррениус был очень приятным и остроумным собеседником. Он очень рано начал полнеть. На одном собрании естествоиспытателей Аррениус рассказал такую историю. В центральном отеле Берлина учёные собирались на вечерний раут. Аррениус разделся в гардеробе и открыл нужную ему дверь, чтобы пройти к коллегам. Гардеробщик сделал ему знак и сказал: «Вы идёте не туда, корпорация мясников заседает рядом...»



**Вильгельм Фридрих ОСТВАЛЬД (1853–1932)** — выдающийся латышско-немецкий физико-химик. Лейпцигская лаборатория Оствальда была первой в мире проблемной лабораторией современной физической химии. Из его лаборатории вышло 70 профессоров университетов из разных стран мира.

«Один из его научных коллег сказал: «Стоит только поговорить с Оствальдом полчаса, и ты будешь иметь работы на полгода»».

«Оствальд — автор свыше тысячи печатных работ, среди которых более двадцати книг». В.И. Ленин об Оствальде: «Очень крупный химик и очень путанный философ».



**Дмитрий Иванович МЕНДЕЛЕЕВ (1834–1907)** — гениальный русский химик, один из величайших энциклопедистов, автор гидратной теории растворов. «Его труды относятся к области физико-химии, химии, физики, метрологии, метеорологии, географии, воздухоплавания, химической технологии (в том числе нефтепереработки, химии угля, металлургии, технологии силикатов, пороходелия), экономики, учения о промышленности, к области сельского хозяйства, в частности его химизации...»

«Собрание основных трудов Менделеева, изданное в советское время, составило 25 больших томов...».

#### О создании таблицы:

Он закупил штук семьдесят пустых визитных карточек и на каждой из них написал с одной стороны название элемента, а с другой — его атомный вес и формулы его важнейших соединений. После этого он уселся за большой квадратный стол и начал по-всякому раскладывать эти карточки. Сначала у него ничего не получалось. Десятки и сотни раз он их раскладывал, перетасовывал и снова раскладывал. При этом, как он потом вспоминал, в его сознании всплывали какие-то новые закономерности, и он с хорошо знакомым ему волнением, предшествующим открытию, продолжал своё занятие. Так он проводил целые часы и дни, запершись в своём кабинете. Благо, к тому времени он уже был женат на Анне Григорьевне, которая сумела создать ему наилучшие условия для творческих занятий.

В качестве хобби Дмитрий Иванович делал чемоданы и сам себе шил одежду.

Однажды извозчик с седоком в пролётке вдруг приподнялся с места, поклонился и приподнял шапку перед каким-то прохожим. Удивленный седок спросил: «Кто это?» — «О! — ответил извозчик. — Это известный чемоданный дел мастер Менделеев!» Надо отметить, что всё это происходило, когда Дмитрий Иванович был уже всемирно признанным великим учёным.

Менделеев участвовал и в проектировании первого русского ледокола «Ермак».

«Менделеев на воздушном шаре». В Клину была получена посланная кем-то невразумительная телеграмма: «Шар видели — Менделеева нет». Полёт прошёл успешно. Шар поднялся на высоту более трёх километров, пробил облака, и Менделеев успел понаблюдать за полной фазой затмения. Правда, перед спуском учёному пришлось проявить не только бесстрашие, но и ловкость. Запуталась верёвка, идущая от газового клапана. Менделеев взобрался на борт корзины и так, висая над пропастью, распутал клапанную верёвку.

Шар благополучно опустился в Калязинском уезде Тверской губернии, крестьяне проводили Менделеева к соседнему поместью.

Использована литература:

Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я. Выдающиеся химики мира. Библиографический указатель. — М., 1971; <http://nlplife.ru/articles/stat/interesnye-fakty-iz-zhizni->

В конце 80-х –90-х гг. XIX в. в области теории растворов преобладали:

(А) теория электролитической диссоциации, или **ионная теория С. Аррениуса**

(среди её последователей на Западе — В. Оствальд, Я. Вант-Гофф, Г. Джонс, Р. Абегг, В. Нернст, М. Планк, Э. Фишер, А. Горстман, Л. Мейер, Д. Вокер, В. Рамзай, Э. Коэн, Г. Чамичан, Т. Мадсен, В. Йолм, Д. Рошковский и др.; в России — В. А. Кистяковский, И. А. Каблуков, А. А. Яковкин, И. Фаньонг и др.)

и

(В) теория химической ассоциации частиц, или **гидратная теория Д. И. Менделеева**

(среди её последователей на Западе — П. Клёве, Т. Фитцпатрик, С. Пикеринг, Г. Армстронг, В. Фитцджеральд, М. Бергло, И. Траубе, Э. Видеман, Л. Каленберг, Г. Каррара и др.; в России — Н. Н. Бекетов, Д. П. Коновалов, Ф. М. Флавицкий, П. Д. Хрущов, В. Ф. Тимофеев, Н. А. Меншуткин и др.).

Сторонники «А» находили связь (электрическую) между ионами и частицами растворителя, а сторонники «В» такой связи не находили, ибо считали ионы неделимыми частицами (атомами)<sup>1</sup>.

«Отвечая на критические замечания своих оппонентов, — пишет Ю. И. Соловьев, — С. Аррениус объяснял, что в процессе электролитической диссоциации, например, поваренной соли, образуются не атомы Na и Cl, а ионы Na<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup>. Возражая химикам, которые говорили, что электрический заряд не может так резко изменить свойства атомов хлора и натрия, Аррениус утверждал, что ионы хлора и натрия именно благодаря тому, что они несут электрический заряд, есть нечто совсем другое, чем нейтральные атомы хлора и натрия. Заряд электричества сильно изменяет свойства атомов; благодаря ему возможно, например, существование таких групп атомов (как, например, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и т.п.), которые в свободном состоянии без электрического заряда неизвестны»<sup>2</sup>. То есть ионы в отличие от нейтральных атомов имеют иные энергетические условия.

Кстати, позиции «А» и «В» в этом случае соответствуют позициям (А) *лейбницианцев* и (В) *ньютонианцев* в физике и математике.

Следует отметить, что представители «А» не могли чётко ответить на вопрос о том, почему положительные ионы, находясь в растворе вместе с отрицательными, не разряжаются и не образуют нейтральных частиц, а также — почему представители «А» не учитывают тесную связь между ионами и частицами растворителя.

#### Разногласия:

1. (А) *Первые* учитывали электролиты и не учитывали концентрированные растворы, а (В) *вторые* — наоборот.

2. (А) *Первые* склонялись к физическому, а (В) *вторые* — к химическому ракурсам исследований.

3. (А) *Первые* исходили из мысли об аналогии между газовым и растворённым состоянием, рассматривали растворы как своеобразные смеси. (В) *Вторые* рассматривали процесс растворения как разновидность химического процесса, характеризующегося наличием взаимодействия между молекулами смешивающихся ингредиентов.

#### Последствия:

(А) *Благодаря первым* впоследствии «возникли новые методы определения молекулярного веса — криоскопия и эбуллиоскопия, теория электродвижущих сил и электропроводностей и т.д.».

(В) *Благодаря вторым* — «удалось открыть существование большого числа новых соединений, нередко выделить их в чистом виде и описать их свойства, развить теорию сольватации, в частности ионной гидратации, подготовить почву для нового понимания химического индивида»<sup>3</sup>.

#### Причины:

1. (А) *Первые* в своём атомизме шли от *дуалистической* электрохимической теории Берцелиуса,

а (В) *вторые* — от *унитарной* теории Лорана-Жерара.

2. (А) *Первые* предпочитали *слабые* растворы и видели в них преимущественно акт *распада*,

а (В) *вторые* — *крепкие* растворы и акт *созидания*.

Физическая теория пользовалась среди химиков широкой популярностью «благодаря наглядности своего содержания, с одной стороны, и плодотворности термодинамического аппарата, удачно использованного ею, — с другой, казалась лучше отвечающей действительно наблюдаемым соотношениям». «Химическая» точка зрения на природу растворов, — пишет А. В. Капустинский, — получила дальнейшее распространение в весьма важном научном направлении физической химии, которым мы обязаны академику Н. С. Курнакову и его школе. Речь идёт о физико-химическом анализе. Рассмотрение бинарных систем, к которым относится большинство растворов, позволило установить важный критерий химизма с помощью понятия о сингулярных точках диаграммы состав — свойство. Излом в кривых «свойства» не нарушает принципа непрерывности химических превращений вещества, если речь идёт об образовании нового химического индивида. Пункт излома, сингулярная точка, принадлежит одной и той же кривой, характерной для всего протяжения гомо-

<sup>1</sup> Соловьев Ю. И. Роль научных дискуссий в развитии химии XIX в. // Роль дискуссий... С. 147–151.

<sup>2</sup> Соловьев Ю. И. Сванте Аррениус: 1859–1927. — М., 1990. С. 135.

<sup>3</sup> См. Капустинский А. В. Очерки по истории неорганической и физической химии в России. — М.–Л., 1949. С. 139–140.

генной фазы, в состав которой входит новый индивид. Сингулярная точка инвариантна, она не меняется с изменением условий равновесия, она отвечает стехиометрическому составу образовавшегося индивида»<sup>4</sup>.

Согласно «А», например, в растворённом хлористом калии хлор и калий отделены друг от друга, т.е. в растворе существуют «свободные» атомы. *Г. Джонс* писал: «Я рассматривал ионы, существующие в растворе, как не зависимые не только друг от друга, но также и от молекул растворителя. Одним словом, в то время я был твёрдо убеждён, что гидратная теория не является необходимой для объяснения известных фактов»<sup>5</sup>.

## Теория электролитической диссоциации Сванте Аррениуса

*Аррениус* считал, что «ионы солей и сами соли существуют в растворах без гидратов»: «ток не является причиной разложения нейтральных молекул на противоположно заряженные ионы, а напротив, его прохождение через раствор электролита есть следствие наличия ионов в растворе»<sup>6</sup>. В отличие от Берцелиуса он рассмотрел это с количественной стороны.

*В. Оствальд* хотел теорию электролитической диссоциации «освободить от “гипотетических атомов и молекул”, рассматривая ионы как самостоятельно существующие порции энергии»<sup>7</sup>. «Мы можем, — писал Оствальд, — стать на чисто формальную точку зрения и рассматривать ионы просто-напросто как удобное для вычисления вспомогательное средство. В таком случае допущение подобных ионов оправдывается уже их целесообразностью»<sup>8</sup>. Оствальд вспоминал о своём впечатлении после прочтения статьи Аррениуса «Исследования по гальванической проводимости» в июне 1884 г.: «Статья причинила мне головную боль и вызвала не одну бессонную ночь, что для меня тогда было большой редкостью. То, что было написано в работе, настолько было отлично от привычного и известного, что я сначала был склонен всё в целом принять за бессмыслицу. Но затем я встретил несколько вычислений, очевидно, очень молодого автора, которые касались величин сродства кислот и привели его к результатам, хорошо совпадавшим с теми, к которым я пришёл совсем другим путём»<sup>9</sup>.

*В. А. Кистяковский* отмечал, что теория электролитической диссоциации представляет собой шаг вперёд на пути введения количественных методов в химию. *И. А. Каблуков* же полагал, что «эта теория позволила применить к изучению многих явлений в растворах такое могучее орудие, каким является математический анализ, она указала точную количественную зависимость между такими величинами, как коэффициенты диффузии и электропроводности, между последней и “жадностью” кислот, и т.д.»<sup>10</sup>.

«Следует отметить, — пишет Ю. И. Соловьев, — что хотя сам С. Аррениус не пользовался идеей о существовании “квантов” электричества и не мог объяснить происхождение зарядов ионов, образующихся при диссоциации нейтральных молекул, но созданная им теория электролитической диссоциации, уже независимо от её автора, укрепила представления о существовании дискретных зарядов электричества и подготовила физико-химиков к решению важнейшего вопроса о природе электрических зарядов атомов»<sup>11</sup>.

## Теория химической ассоциации частиц. Д. И. Менделеев

Согласно «В», раствор есть среда, в которой находится ассоциация частиц, образуемых системой растворителя и растворённого тела (вещества). *Г. Армстронг* писал: «Я утверждаю, что невозможно отрицать активную роль растворителя при электролизе... Следует предположить, что ход электролиза в растворе... обуславливается взаимным влиянием растворителя и растворённого вещества»<sup>12</sup>. Возражая Аррениусу, он говорил: «Неужели только воде природа предоставила возможность играть единственную роль среды “для пляски ионов”, или же роль экрана, разделяющего их?»<sup>13</sup>.

*С. Пикеринг* заявлял, что «теория диссоциации солей на ионы не понятна большинству химиков», поскольку она кажется «несовместимой с нашими понятиями об относительном постоянстве различных тел и с принципом сохранения энергии»<sup>14</sup>. *В. Фитцджеральд* ему вторил: «Я просто не вижу, откуда может появиться энергия!»<sup>15</sup>.

*Н. Н. Бекетов*, являясь последователем унитарной теории Жерара, удивлялся тому, как соль может распадаться на ионы не под действием внешней энергии, а при наличии изначально существующего внутреннего тока, согласно Аррениусу, хотя позже (например, в 1901 г.) это удивление могло быть снято теорией о гидратированных и сольватированных ионах<sup>16</sup>.

Показательна эмоциональность и непримиримость сторонников «В» по отношению к подходу «ионистов». «Курбатов вспоминает, например, как на одном из собраний, когда речь зашла об ионах хлора в растворе, Коновалов вскочил с места с резким выкриком: “Если они свободны, то почему же они не воняют?!”»<sup>17</sup>.

### Итог:

Согласно «А», «растворённые молекулы частично диссоциированы на ионы, находящиеся в равновесии с недиссоциированными молекулами, причём равновесие сдвигается в сторону диссоциации большего числа молекул при повышении разбавления раствора».

Согласно «В», диссоциации молекул на ионы не существует, а «электропроводность растворов, как правило, имеет своей причиной образование соответствующих комплексов между растворителем и растворёнными веществами». «Если ионная теория, — пишет Н. И. Родный, — исходила из того, что свойства растворов объясняются полностью или во всяком случае преимущественно природой растворённого вещества (электролита), то гидратная теория сводила их к характеру взаимодействия растворителя с растворённым веществом»<sup>18</sup>.

Возможно, что полное игнорирование роли растворителя представителями «А» также свидетельствует об архетипических корнях данного стиля, стиля абстрагирования от «растворяющих» «джунглей». Может быть, эта склонность к абстрагированию и приводила к тому, что представители классической ионной теории не учитывали, во-первых, взаимодействие между частицами растворённого вещества и растворителя, и, во-вторых, взаимодействие между самими ионами в растворе. Учёт же этих взаимодействий, например, Дебаем, Хюккелем, Ван-дер-Ваальсом, Горстманом, Джонсом, Каблуковым и Кистяковским как представителями ионной теории, опять-таки указывал на *субстиль «b» в рамках «А»*. Так, Кистяковский сожалел, что будучи личным другом Аррениуса, не сумел доказать ему основную правильность гидратной теории Менделеева. А Каблуков, как ученик Менделеева, считал, что «вода, разлагая молекулы растворённого тела, входит с ионами в непрочные соединения, находящиеся в состоянии диссоциации», тогда как, по мнению Аррениуса, «ионы свободно двигаются, подобно тем отдельным атомам, которые происходят при диссоциации молекул галоидов (Cl, Br, J) при высокой температуре»<sup>19</sup>. И. Д. Ван-дер-Ваальс указывал, что неправильно отрицать действие растворителя на растворённое вещество, как это часто делают последователи Аррениуса.

В начале XX века на **процессы ассоциации ионов в неводных растворах** обратили внимание П. И. Вальден, М. Г. Центнершвер и В. А. Плотников, что тоже свидетельствует о проявлении субстиля «b».

Ионы — электрически заряженные частицы, образующиеся из атомов (простые, или атомные ионы) или молекул (сложные, или молекулярные ионы) в результате потери или приобретения ими электронов (а также протонов или других ионов). «Ионы отличаются от атомов и молекул — частиц, электрически нейтральных, — пишет Р. В. Гарковенко, — не только наличием зарядов. Поскольку образование иона сопровождается изменением электронной оболочки атома (и молекулы), то, естественно, это отражается и на химических свойствах возникающей частицы. Так, ион натрия Na<sup>+</sup> и атом натрия — химически различные частицы. Вещества, с которыми атом натрия очень активно взаимодействует, могут оставаться безучастными к присутствию иона натрия»<sup>20</sup>. Ионы как самостоятельные частицы есть во всех агрегатных состояниях вещества. От ионов калия, натрия, кальция зависит водный обмен в живых организмах.

<sup>4</sup> Капустинский А. В. Очерки по истории... . С. 141–142.

<sup>5</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. Роль научных дискуссий в развитии химии XIX в.//Роль дискуссий в развитии естествознания. – М., 1986. С. 149.

<sup>6</sup> См. Родный Н. И. Очерки по истории и методологии науки. – М., 1975. С. 125.

<sup>7</sup> Соловьев Ю. И. Роль научных... . С. 154.

<sup>8</sup> Оствальд В. Основные начала теоретической химии. – М., 1891. С. 333.

<sup>9</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. Сванте Аррениус: 1859–1927. – М., 1990. С. 22.

<sup>10</sup> См. Соловьев Ю. И. Роль научных... . С. 158.

<sup>11</sup> Соловьев Ю. И. Сванте Аррениус... . С. 161.

<sup>12</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. Роль научных... . С. 155.

<sup>13</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. Сванте Аррениус... . С. 147.

<sup>14</sup> Цит. по: там же. С. 146.

<sup>15</sup> Там же. С. 147.

<sup>16</sup> Соловьев Ю. И. Роль научных... . С. 158–159.

<sup>17</sup> Соловьев Ю. И., Китнис А. Я. Дмитрий Петрович Коновалов. 1856–1929. – М., 1964. С. 75.

<sup>18</sup> Родный Н. И. Очерки... . С. 126.

<sup>19</sup> См. Соловьев Ю. И. Сванте Аррениус... . С. 168.

<sup>20</sup> Современные проблемы теории познания диалектического материализма. Том I. Материя и отражение. – М., 1970. С. 167.

## 4. Творческое задание

Для выполнения этого задания ваша группа сторонников теории (это либо «А», либо «В») должна разбиться на пять примерно равных подгрупп — № 1, № 2, № 3, № 4, № 5.

После того, как появились пять подгрупп, найдите далее задание для своей и вместе выполняйте его.

### Творческое задание для группы № 1

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В 1863 году 29-тилетний Д. И. Менделеев был доцентом Петербургского университета. Он начал изучать очень сложный вопрос — об отношении этилового спирта к воде. Эта была тема его докторской диссертации. Мерой отношений между растворителем и растворённым веществом он выбрал объём, вернее, разницу между суммой объёмов  $V_1 + V_2$  исходных веществ и  $V_3$ , образующегося в результате их смешивания.

Он принёс в лабораторию сконструированный им стеклянный прибор — дилатометр (маленькие колбочки с длинными и тонкими горлышками с делениями). С его помощью Менделеев точно определял объёмы смесей спирта и воды в разных соотношениях. Записи он делал в своём дневнике. Дневник заполнялся цифрами, но один вопрос не давал ему покоя:

— Почему при смешивании спирта с водой уменьшается объём смеси? Ведь спирт и вода образуют самую простую механическую смесь. Если её прокипятить, то можно снова получить спирт и воду. Я задаю себе вопросы:

1. Может быть, здесь происходит химическая реакция?
2. Может быть, молекулы спирта соединяются с молекулами воды и образуют какое-нибудь новое вещество, скажем, гидрат спирта?
3. Можно ли с помощью известных химических методов определить его состав?

Внезапно в лабораторию открылась дверь, и вошёл друг Менделеева — композитор и химик Александр Порфирьевич Бородин.

— Что же ты не показываешься? Забыл старых друзей?

— Прости, пожалуйста. Много работаю. Но тебе очень рад.

— Что интересного? Рассказывай.

Бородин придвинул стул и сел. Менделеев положил на стол свои листы и стал рассказывать:

— Мне кажется, что у меня родилась новая идея. До сих пор мы рассматривали процесс растворения как чисто механический, т.е. частицы вещества отделяются одна от другой и равномерно распределяются между молекулами растворителя. Этот процесс должен сопровождаться поглощением энергии. Однако при растворении многих веществ наблюдается обратное явление. Вместо охлаждения раствор нагревается, значит, происходит выделение тепла и энергия высвобождается. И вот первый мой вывод: РАСТВОРЕНИЕ — ЭТО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, при котором происходит взаимодействие между частицами растворяемого вещества и растворителя.

— И как ты представляешь себе всё это?

— Представь себе: опускаем кусочек сахара в воду, происходит гидратация. Молекулы воды разрушают кристаллическую решётку сахара, и на это затрачивается энергия, т.е. тепло поглощается, а затем молекулы воды немедленно окружают молекулы сахара и образуют с ними гидрат. Это сопровождается выделением тепла, т.е. энергия выделяется. Если в процессе гидратации выделяется больше тепла, чем требуется для отрывания частиц от кристаллической решётки, то при растворении раствор нагревается. Если на разрушение кристалла требуется больше тепла, чем его выделяется при гидратации, раствор охлаждается.

— Понимаешь теперь, почему я не приходил к тебе? Эти вопросы не давали мне покоя ни днём, ни ночью.

— Но теперь ты уже разработал свою теорию. Разрешите себе маленькую передышку. Пойдём ко мне, я тебе сыграю отрывки из своей новой симфонии.

### Творческое задание для группы № 2

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В физической лаборатории Академии наук в Стокгольме двое учёных, профессора физики Отто Петерсон и Эдлунд, обсуждали схему. Беседа была прервана стремительно вошедшим Сванте Аррениусом. Он приветливо поздоровался и обратился к профессору Эдлунду.

— У меня нет возможности продолжать работу над диссертацией, и я приехал к вам, с просьбой взять меня на работу в вашу лабораторию.

— Над чем вы работаете?

— Я исследовал электропроводность электролитов.

— Но по этому вопросу уже есть работы. Известны результаты, опубликованные Ленцем и Кольраушем, — сказал Эдлунд.

— Да, но мои исследования относятся к сильно разбавленным растворам. По-видимому, при сильном разбавлении свойства растворов значительно изменяются. Наблюдаются совсем другие соотношения.

— В моей лаборатории всегда найдётся место для того, кто любит науку. Можете начинать завтра.

Любая серия опытов, любые результаты заставляли Сванте делать выводы и предположения. И готовил ли Сванте растворы, работал с гальванометром или обрабатывал данные, он постоянно напевал какую-нибудь песенку. А иногда он рассказывал весёлые истории и все в лаборатории смеялись.

Исследования Аррениуса были разнообразными. Он сравнивал электропроводность отдельных электролитов и их смесей, измерял электропроводность при различных температурах, исследовал влияние растворителя на электропроводность, проверял, как отражается на её величине разбавле-

ние раствора. Он изучал водные растворы кислот, оснований и солей. Аррениус часто делился своими мыслями со своим другом Олсфеном. Однажды друг спросил Сванте:

— У вас уже есть какие-нибудь результаты?

— Да, и очень интересные. Когда раствор разбавляется, его эквивалентная электропроводность постепенно нарастает, пока не достигнет конечной величины при бесконечно большом разбавлении. Это означает, что число частиц, которые проводят электрический ток, увеличивается. Я создал теорию и назвал её **электролитической диссоциацией**. Диссоциация означает «распад». Она совершается в электролитах при их растворении в воде. Мои исследования показали: одно и то же количество вещества, один и тот же ток, а чем больше разбавлен раствор, тем выше его электропроводность, т.е. в воде вещества распадаются на ионы.

— Как? Без участия электрического тока?

— Конечно. Разбавленный раствор, больше воды, больше ионов. А это означает, что распад на ионы происходит ещё при растворении вещества в воде.

— Это неслыханно! Вам никто не поверит. Не забивайте себе голову такими фантазиями.

Действительно, никто не поверил Аррениусу, когда 6 июля 1883 г. он доложил о результатах своих исследований в Стокгольмской Академии наук. Против новой теории выступали почти все учёные того времени. Аррениус работал в Риге у Оствальда, в Вюрцбурге у Кольрауша, в Граце у Больцмана, в Амстердаме у Вант-Гоффа. Это были годы непрерывного труда, годы, в которые теория электролитической диссоциации всё больше крепла.

### Творческое задание для группы № 3

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В 1890 г. состоялась дискуссия между немецким химиком Исидором Траубе — сторонником гидратной теории растворов, и французским учёным Сванте Аррениусом — основоположником теории электролитической диссоциации.

Согласно **Траубе**, гипотеза Аррениуса противоречит понятиям о химическом сродстве, так как она не объясняет, почему именно те вещества, которые обладают наибольшим сродством атомов, как, например, KCl, NaOH, NaCl и т.д., легче других распадаются в растворе<sup>1</sup>.

**Аррениус** считал, что между ионом и атомом существует большое различие, поскольку ионы обладают зарядом электричества<sup>2</sup>.

**Траубе:** Почему более лёгкие ионы, как, например, H, не выделяются из раствора быстрее, чем более тяжёлые, как Cl, PO<sub>4</sub> и т.д.? Аррениус объясняет это обстоятельство притяжением между ионами, благодаря тому, что они имеют противоположные электрические заряды, но такое притяжение, по моему мнению, равносильно отсутствию диссоциации<sup>3</sup>.

**Аррениус:** «Что касается того, что лёгкие ионы должны бы диффундировать из раствора легче, чем тяжёлые, то это действительно имеет место, что подтверждается опытом Гельмгольца, именно — явлением концентрационных токов. Так, если привести в соприкосновение концентрированный раствор соли, например, NaCl, с слабым раствором той же соли и погрузить в обе жидкости по неполяризуемому электроду, то легко обнаружить в гальванометре ток, идущий в жидкости от слабого раствора к крепкому. Это явление с точки зрения диссоциации на ионы весьма легко объясняется: свободные ионы Cl<sup>-</sup> (в приведённом примере), вследствие меньшего трения в жидкости, легче диффундируют в слабый раствор и заряжают последний отрицательно, а не успевшие диффундировать ионы Na<sup>+</sup> заряжают концентрированный раствор положительно; при этом, благодаря взаимному притяжению, движение Cl<sup>-</sup> замедляется, а Na<sup>+</sup> ускоряется и таким образом равновесие периодически нарушается и восстанавливается в бесконечно малый промежуток времени, а потому химическим анализом невозможно констатировать появление свободных ионов. Отсюда же ясно, что диссоциация электролита на ионы резко отличается от диссоциации газов»<sup>4</sup>.

Согласно Траубе, гипотеза Аррениуса не может объяснить, почему один и тот же элемент в различных соединениях различно окрашен<sup>5</sup>.

**Аррениус:** «В том обстоятельстве, что одни и те же ионы в различных соединениях различно окрашены, нельзя видеть противоречия гипотезе,

так как ионы во всех случаях, когда они различно окрашены, заряжены различными количествами электричества»<sup>6</sup>.

Гипотеза Аррениуса, по мнению **Траубе**, отрицает существование в водном растворе соединений с кристаллизационной водой, между тем как такие соединения предсказаны гидратной теорией и действительно получены<sup>7</sup>.

**Аррениус:** «Относительно гидратов в растворе, предсказанных гидратной теорией, лучшим выражением которой служат так называемые кривые Менделеева, то последние, по опытам Аррениуса, а также Пикеринга (1889), оказались несоответствующими действительности»<sup>8</sup>.

**Комментатор:** В последующем этот ответ Аррениуса оказался неверным. «В 1893 г. Джонс провёл исследование, которым точно доказал существование некоторых определённых гидратов серной кислоты с водой, которые впоследствии признал и сам Аррениус»<sup>9</sup>.

**Траубе:** «Аррениус не должен обижаться. Если на одной стороне высказываются за гипотезу диссоциации, то на другой её замалчивают. Она ещё далеко не стала общим достоянием химической науки. Иной, чувствуя своё право молчать, думает, что и без его возражений гипотеза электролитической диссоциации не накликает на современную химию новую эру флогистона»<sup>10</sup>.

**Комментатор:** «Получалась интересная ситуация. Формулы и экспериментальные результаты, полученные Вант-Гоффом, Аррениусом, Оствальдом, не вызвали сомнения, и выводы теории электролитической диссоциации многократно подтверждались. Но с основной предпосылкой этой теории не соглашались»<sup>11</sup>. Показательно в этом плане признание одного из противников электролитической диссоциации «гидратиста» Д. П. Коновалова, сделанное в 1899 г.: «Теория электролитической диссоциации представляет характер настоящей теории. В то время как химическая теория растворов, признавая лишь явления химического соединения внутри раствора, не могла до настоящего времени выразить ни самого явления, ни его следствий численным образом. Теория электролитической диссоциации и степень диссоциации, и её следствия выражает численными отношениями. Следствия эти допускают опытную проверку, и опытные данные оказываются в большинстве случаев в пользу теории»<sup>12</sup>.

<sup>6</sup> Там же. С. 272.

<sup>7</sup> См. там же. С. 270.

<sup>8</sup> Там же. С. 272.

<sup>9</sup> Там же. С. 272.

<sup>10</sup> Цит. по: там же. С. 273.

<sup>11</sup> Там же. С. 268.

<sup>12</sup> Цит. по: там же. С. 279.

<sup>1</sup> См. Соловьев Ю. И. История учения о растворах. — М., 1959. С. 269.

<sup>2</sup> См. там же. С. 271.

<sup>3</sup> См. там же. С. 269.

<sup>4</sup> Там же. С. 272.

<sup>5</sup> См. там же. С. 270.

## Творческое задание для группы № 4

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В 1887 году **Д. И. Менделеев** писал о процессе растворения так: «Растворение... основывается на способности растворителя образовать диссоциирующую систему с растворённым телом, и раствор есть среда, в которой находится ассоциация частиц, образуемых системой растворителя и растворённого тела»<sup>1</sup>.

**Комментатор:** «Менделеев пришёл к твёрдому убеждению, что растворы представляют собой жидкие динамические системы, находящиеся в условиях подвижного химического равновесия и диссоциации, образованные частицами растворителя, растворённого вещества и тех определённых, нестойких, но экзотермических соединений, которые образуются между компонентами»<sup>2</sup>.

Сторонником теории гидратов был французский химик **М. Бергло**. Согласно этой теории каждый раствор представляет собой устойчивую смесь, образующуюся, с одной стороны, из растворителя, с другой стороны, из растворённого тела (вещества), соединённого с растворителем в определённых пропорциях. То есть водный раствор представляет собой «смесь воды, безводной соли и различных гидратов»<sup>3</sup>.

**Комментатор:** При реакциях в растворах Бергло принимал во внимание только «прочные гидраты», а непрочные гидраты не принимал в расчёт потому, что их участие, следуя правилу наибольшей работы, должно было бы во многих случаях направлять реакции в обратную сторону, с поглощением тепла, а этого не могло быть<sup>4</sup>.

**Д. И. Менделеев:** «В растворе находится подвижное равновесие между соединяющимися и разлагающимися телами, между образованием и постоянным распадом комбинационных соединений. Оттого-то раствор не представляет признака химического соединения, оттого-то в нём образуются особые пункты, которые при известных отношениях вещества образуют резкие перемены свойств»<sup>5</sup>.

**Комментатор:** Г. Кромптон, являясь приверженцем идей Менделеева, «построил кривые, выражающие соотношение между электропроводностью

<sup>1</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. История учения о растворах. — М., 1959. С. 62.

<sup>2</sup> Там же. С. 68.

<sup>3</sup> Там же. С. 69.

<sup>4</sup> См. там же. С. 71.

<sup>5</sup> Цит. по: там же. С. 69.

и процентным составом раствора. Для растворов серной кислоты на диаграмме «состав-свойство» он обнаружил присутствие двух максимумов; один из них в промежутке между H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и гидратом H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, другой отвечал гидрату H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O.

Кромптон построил также кривые для азотной, фосфорной и уксусной кислот и растворов едкого кали и натра. Для азотной кислоты кривая указывала на гидраты HNO<sub>3</sub>·15H<sub>2</sub>O и HNO<sub>3</sub>·4H<sub>2</sub>O (как и кривая Менделеева); для фосфорной кислоты — гидраты H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O»<sup>6</sup>. «Дальнейшие исследования показали, что решить вопрос о составе диссоциирующего соединения по форме кривой состав-свойство весьма трудно. Можно получить лишь приближенные указания о его составе»<sup>7</sup>.

**Д. И. Менделеев:** «Мне кажется, что в истории нашей науки эта гипотеза (электролитической диссоциации) займёт со временем такую же роль, какая принадлежит давно уже флогистону. И у него было немало ярых защитников, внёсших много нового в науку, хотя и защищавших неверную гипотезу». Природа растворов «очень сложна и есть повод допустить в них часть веществ в состоянии соединения, а часть — в состоянии распада, т.е. в состоянии диссоциации, ничего общего с неясным ещё электричеством не имеющей. Считая, что существование диссоциации и ассоциации необходимо будет признать для понимания растворов, я думаю, что современное представление об электролитической диссоциации, с одной стороны, тормозит теорию растворения, хотя, с другой стороны, полезно, потому что даёт повод к накоплению опытного материала, который должна охватить будущая теория растворов»<sup>8</sup>.

**Комментатор:** Менделеев с подозрением относился к теории Аррениуса потому, что прежде был сторонником унитарной теории Лорана-Жерара, противостоявшей в 40–50-х гг. XIX в. дуалистической электрохимической теории Берцелиуса. Менделеев считал, что атом является химически целой неделимой частицей; химические элементы не превращаются друг в друга. Менделеев почти романтически верил в реальную природу атомов и хотел это доказать.

<sup>6</sup> Там же. С. 336.

<sup>7</sup> Там же. С. 338.

<sup>8</sup> Цит. по: там же. С. 261.

## Творческое задание для группы № 5

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

ДИСПУТ НА СПЕЦИАЛЬНОМ  
ЗАСЕДАНИИ БРИТАНСКОЙ  
АССОЦИАЦИИ ХИМИКОВ  
В ЛИДСЕ (АНГЛИЯ)  
В 1890 Г.

Участники диспута:

*Принимающая сторона* — сторонники гидратной теории **Д. И. Менделеева**: Пикеринг, Армстронг, Фитцджеральд, Уокер, Рамзай, Лодж.

*Приглашённые гости* — сторонники ионной теории **С. Аррениуса**: Вант-Гофф, Оствальд.

**Оствальд**: «Я еду, чтобы проповедовать новое евангелие среди неверующих»<sup>1</sup>.

**Армстронг**: Теория электролитической диссоциации «была принята окончательно известной школой химиков, во главе которой стоит Оствальд, считающих всех, кто не разделяет с ним этих взглядов, еретиками, достойными злой казни, не в качестве плодотворной гипотезы, но как абсолютная истина»<sup>2</sup>.

**Комментатор**: «Дискуссия началась большим докладом Пикеринга «Современное положение гидратной теории растворов». Пикеринг считал, что раствор представляет собой смесь определённых гидратов с продуктами их диссоциации. Пикеринг познакомил слушателей с работами Менделеева. При этом он сообщил результаты, полученные Менделеевым для растворов серной кислоты. <...> Пикеринг старался распространить положения гидратной теории не только на концентрированные, но и на разбавленные растворы и при помощи них объяснить аномальные явления, наблюдаемые для электролитов»<sup>3</sup>.

**Пикеринг**: Растворитель нельзя считать недействительной, инертной средой, как это полагают сторонники Аррениуса. И вообще, «теория дис-

социации солей на ионы непонятна большинству химиков. Она кажется несовместимой с нашими понятиями об относительном постоянстве различных тел и с принципом сохранения энергии»<sup>4</sup>. Представляется невероятным, чтобы прочные соединения, образование которых сопровождается значительным выделением тепла, почти полностью диссоциировали в воде. «Как можем мы допустить, что чем прочнее тело, тем оно более склонно быть диссоциированным?»<sup>5</sup>.

**Армстронг**: «Я утверждаю, что невозможно отрицать активную роль растворителя при электролизе... Следует предположить, что ход электролиза в растворе... обуславливается взаимным влиянием растворителя и растворённого вещества; я утверждаю, что электролиз отнюдь не представляет какого-то движения отдельных атомов или ионов, но является делом сложных молекулярных систем»<sup>6</sup>. Я выступаю за «ассоциативную гипотезу»: между растворителем и растворённым веществом существует притяжение, в результате которого происходит образование нестойких соединений. «Я пытался доказать, что теория ассоциации имеет универсальное приложение, между тем как приложимость диссоционной гипотезы не только ограничивается немногочисленным классом явлений, но даже иногда идёт наперекор фактам»<sup>7</sup>.

**Фитцджеральд**: Допущение существования диссоциации — не нужно.

**Оствальд**: Я «много лет тщетно искал точное выражение закона зависимости молекулярной проводимости от концентрации, пока применение к упомянутому явлению понятия диссоциации не дало мне сразу ключа к нему»<sup>8</sup>.

**Комментатор**: «По мнению многих учёных, дискуссия в Лидсе дала много для развития науки и способствовала выяснению спорных вопросов»<sup>9</sup>.

<sup>4</sup> Цит. по: там же. С. 278.

<sup>5</sup> Цит. по: там же. С. 274–275.

<sup>6</sup> Цит. по: там же. С. 278.

<sup>7</sup> Цит. по: там же. С. 279.

<sup>8</sup> Цит. по: там же. С. 275.

<sup>9</sup> Там же. С. 275

<sup>1</sup> Цит. по: Соловьев Ю. И. История учения о растворах. – М., 1959. С. 274.

<sup>2</sup> Цит. по: там же. С. 278.

<sup>3</sup> Там же. С. 274

**Оствальд**: «Первые дни говорили исключительно наши противники, так что до известной степени можно было думать, что мы уже убиты научно. Когда же после продолжительных и оживлённых личных споров представители новых идей получили, наконец, слово даже на публичных заседаниях, картина сразу изменилась, так что мы могли расстаться с нашими хозяевами по-приятельски и не без триумфа»<sup>1</sup>.

**Комментатор**: «В период споров «ионистов» с «гидратистами» Оствальд часто в своём журнале, особенно в рефератах, в довольно резкой форме критиковал не угодные ему взгляды. Естественно, что это вызывало ответную реакцию»<sup>2</sup>.

**Оствальд**: «Если из формы и содержания нападения и защиты вытекает преданность истине и отрешение от побуждений, лежащих вне науки, как в данном случае, то столкновение умов приносит удовлетворение, и наука, о которой ведь идёт речь в первую очередь, от этого выигрывает»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Цит. по: там же. С. 275.

<sup>2</sup> Там же. С. 276.

<sup>3</sup> Цит. по: там же. С. 275–276.

**Комментатор**: «Наступление вождей ионистов на английских учёных увенчалось успехом. Начиная с 1891 г. в английских журналах стало появляться всё больше и больше статей, в которых указывалось на большое значение теории Вант-Гоффа и Аррениуса, приводились различные данные, подтверждающие эти теории»<sup>4</sup>. Правда, дискуссия в Лидсе не изменила взглядов Пикеринга и Армстронга на природу растворов.

**Пикеринг**: Закономерности, найденные Вант-Гоффом и Аррениусом, справедливы только для бесконечно разбавленных растворов. Точные экспериментальные данные, полученные мною при изучении реальных растворов, говорят о том, что простые предпосылки физической теории растворов здесь оказываются неприемлемыми.

**Аррениус**: «Что касается истории с Пикерингом, то мне его в сущности очень жаль. Мне представляется, что он тратит колоссальную энергию на призрачные вещи. Во всяком случае, его образцово точные опыты сохраняют своё неизменное и большое значение. Я никоим образом не искал ссоры с ним»<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Там же. С. 276.

<sup>5</sup> Цит. по: там же. С. 277.

## 5. Лабораторный журнал

### 5.1. Группа «А». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Ионная теория растворов С. Аррениуса

#### 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАСТВОРОВ ВЕЩЕСТВ

**ОПЫТ № 1.** Возьмите 2 фарфоровые чашки. В одну насыпьте 50 г поваренной соли, в другую 50 г сахарного песка. Исследуйте вещества на электрическую проводимость, используя прибор для проверки электрической проводимости веществ. Пересыпьте соль и сахар в чистые стаканы; добавьте по 100 мл воды. Хорошенько растворите вещества стеклянной палочкой; в третий стакан налейте 100 мл дистиллированной воды. Исследуйте содержимое стаканов на электрическую проводимость, используя прибор для проверки электрической проводимости веществ.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Являются ли проводниками электрического тока твёрдые вещества: соль и сахар?
2. Раствор какого вещества обладал электрической проводимостью?
3. Какой раствор не проводил электрический ток?

**Вопросы на понимание природы растворов:**

1. Какой тип кристаллической решётки имеют поваренная соль, сахар (сахароза), вода?
2. Какой тип химической связи характерен для этих веществ?

#### 2. СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

**ОПЫТ № 2.** Возьмите три стакана. В один налейте 100 мл 5%-ного раствора поваренной соли, во второй 100 мл 5%-ного раствора гидроксида натрия, в третий 100 мл 5%-ного раствора уксусной кислоты. Исследуйте растворы на электрическую проводимость, используя прибор для проверки электрической проводимости веществ.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Какие растворы обладали высокой проводимостью?
2. Какие растворы обладали слабой проводимостью?

**Вопросы и задания на понимание природы растворов:**

1. Какие электролиты называются сильными, и почему?
2. Какие электролиты называются слабыми, и почему?
3. Составьте уравнение диссоциации растворов поваренной соли, гидроксида натрия и уксусной кислоты:



#### 3. РАЗБАВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

**ОПЫТ № 3.** Для этого опыта используйте растворы из опыта № 2. В каждый стакан добавьте по 50 мл дистиллированной воды. Исследуйте растворы на электрическую проводимость, используя прибор для проверки электрической проводимости веществ.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

1. Все ли растворы изменили свою электрическую проводимость после разбавления?
2. Какой раствор изменил электрическую проводимость? К каким электролитам (по силе) он относится?

**Вопросы на понимание природы растворов:**

1. Как влияет растворитель на электрическую проводимость растворов?

#### 4. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА АТОМОВ И ИОНОВ

**ОПЫТ № 4.** В чашку Петри налейте воды (половину чашки) и добавьте несколько капель фенолфталеина. Возьмите пинцетом кусочек металлического натрия и опустите его в чашку Петри с водой. Возьмите кусочек фильтровальной бумаги и смочите его в концентрированном растворе хлорида натрия. Высушите бумагу на батарее или феном. Сожгите бумагу над пламенем спиртовки.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

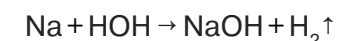
1. Почему натрий «бегал» по воде?
2. Какой газ выделился в реакции натрия с водой?
3. Как изменилась окраска раствора после реакции?
4. Какой цвет имело пламя в момент горения в нём бумаги, пропитанной хлористым натрием?

**Задания на понимание природы атомов и ионов:**

1. Какое строение имеет атом натрия? Составьте схему строения атома натрия и его электронную конфигурацию.

2. Какое строение имеет ион натрия? Составьте электронную конфигурацию иона натрия.

3. Составьте уравнение химической реакции взаимодействия натрия с водой. Укажите методом электронного баланса переход электронов от восстановителя к окислителю.



4. Как строение атомов и ионов влияет на свойства веществ?



**Вывод**

(закончите предложения согласно физической теории электролитической диссоциации С. Аррениуса):

- По электрической проводимости вещества делятся на ...
- При растворении в воде электролиты ...
- Ионы вещества и молекулы растворителя находятся в состоянии ...
- При пропускании электрического тока через электролит...  
катионы движутся к ....., а анионы к .....
- Свойства ионов и атомов различны, т.к. различны их ...

## 5.2. Группа «В». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Гидратная теория растворов Д. И. Менделеева

### 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО: РАСТВОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ — ЭТО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

**ОПЫТ № 1.** Закрепите в штативе термометр. В стакан налейте 100 мл дис. воды и измерьте её температуру. Осторожно влейте в стакан с водой 20 мл концентрированной серной кислоты. Измерьте температуру полученного раствора.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта.**

- Какая была температура воды в начале опыта в °С?
- (а) Как изменилась температура раствора серной кислоты? (б) На сколько градусов?

(а) \_\_\_\_\_

(б) \_\_\_\_\_

**Вопросы на понимание природы растворения веществ:**

- При распаде (диссоциации) молекул веществ в растворе энергия выделяется или поглощается?
- При объединении (ассоциации) молекул веществ в растворе энергия выделяется или поглощается?
- С точки зрения энергии молекул, при каких изменениях энергии диссоциации и энергии ассоциации будет происходить экзотермический процесс?

**ОПЫТ № 2.** Закрепите в штативе термометр. В стакан налейте 100 мл дис. воды и измерьте её температуру. В стакан насыпьте 30 г нитрата калия и добавьте 100 мл воды, хорошо размешайте соль в воде. Измерьте температуру раствора соли.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

- Какая была температура воды в начале опыта в °С?
- Как изменилась температура раствора соли нитрата калия? На сколько градусов?

**Вопросы на понимание природы растворения веществ:**

- С точки зрения энергии молекул, при каких изменениях энергии диссоциации и энергии ассоциации будет происходить эндотермический процесс?
- Образование гидратов

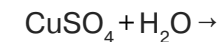
**ОПЫТ № 3.** Возьмите чистый стакан и насыпьте в него 30 г сухого сульфата меди (II). Добавьте 50 мл дис. воды. Размешайте раствор. Вылейте половину раствора в фарфоровую чашку и поставьте её на разогретую плитку. Выпарите раствор.

**Ответьте на вопросы, исходя из ваших наблюдений в ходе опыта:**

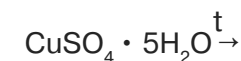
- Какой цвет имеет сухая соль сульфата меди (II)? \_\_\_\_\_
- Какой цвет приобрёл раствор сульфата меди (II)? \_\_\_\_\_
- Какой цвет имеют кристаллы соли после выпаривания раствора? \_\_\_\_\_

**Задания и вопросы на понимание природы гидратов**

- Составьте уравнение реакции взаимодействия сульфата меди (II) с водой (процесс растворения):



- Составьте уравнение реакции разложения кристаллогидрата сульфата меди (II) (прокаливание)



- Какие вещества называют кристаллогидратами?

- Как называется вода, которая входит в состав кристаллогидрата?

- Почему окраска кристаллогидратов отличается от окраски их безводных солей?

- В каких случаях и почему вокруг ионов образуются гидратные оболочки?

**3. ПРИРОДА РАСТВОРИТЕЛЯ****ОПЫТ № 4.**

1. Возьмите четыре стакана, в каждый налейте по 50 мл дис. воды. В первый стакан насыпьте 5 г поваренной соли, во второй — 5 г карбоната натрия, в третий — 5 г серы, в четвёртый — 5 г кристаллического йода. Хорошенько перемешайте стеклянной палочкой содержимое каждого стакана.

2. Эта часть опыта выполняется в вытяжном шкафу! Возьмите четыре стакана, в каждый налейте по 30 мл бензина. В первый стакан насыпьте 5 г поваренной соли, во второй — 5 г карбоната натрия, в третий — 5 г серы, в четвёртый — 5 г кристаллического йода. Хорошенько перемешайте стеклянной палочкой содержимое каждого стакана. Результаты опыта занесите в таблицу № 1:

Таблица 1.

Вещество	Растворимость в воде (растворимо или нерастворимо)	Растворимость в бензине (растворимо или нерастворимо)
NaCl		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
S		
I <sub>2</sub>		

**Вопросы и задания на понимание природы растворителя**

1. Как (резко или не резко) отличаются по электроотрицательности атомы водорода и кислорода, которые входят в состав молекулы воды?
2. Почему молекулу воды называют «диполем»?
3. Как (резко или не резко) отличаются по электроотрицательности атомы водорода и углерода, которые входят в состав молекул углеводородов, образующих бензин?
4. Какая молекула более полярная: молекула воды или молекула углеводорода?
5. Какой растворитель является полярным — вода или бензин? Какой — неполярным?
6. Определите тип химической связи в молекулах NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, S, I<sub>2</sub>.
7. Соотнесите строение молекул веществ и растворителей и переведите на русский язык такое правило: «Simila similibus solventus».

**Вывод** (закончите предложения согласно гидратной теории растворов):

1. Растворение не является механическим ...
2. При растворении происходит взаимодействие между частицами ...
3. При диссоциации молекул теплота ...
4. При ассоциации молекул теплота ...
5. Растворение веществ в растворах — это процесс ...

**6. Аргументы для дискуссии**

Аргументы группы «А»

---



---



---



---



---



---

Аргументы группы «В»

---



---



---



---



---



---

# 10 класс. Природа органических соединений

## Дуалистическая теория, теория замещения и унитарная теория.

## Первая и вторая теории радикалов

**1. Таблица характерных черт научных стилей**

**Задание** (для тебя лично): Из двух предложенных стилей выбери тот, большинство характерных черт которого ближе тебе по духу, нравятся тебе, кажутся своими и т.д. (Не требуй подсказок от учителя. Выбирай, исходя из собственных представлений!)

Характерные черты «А»	Характерные черты «В»
Разъединённое (бинарное), незаменимое, структурное, индивидуальное, неизменное, электрическое, рациональное (умозрительное), составное, статичное строение	Объединённое (унитарное), заменимое, отношенческое, коллективное, изменяемое, геометрическое, эмпирическое (опытное), реакционное, динамичное образование
Выбор сделан (твоя подпись):	Выбор сделан (твоя подпись):

## 2. Текст по истории дискуссии

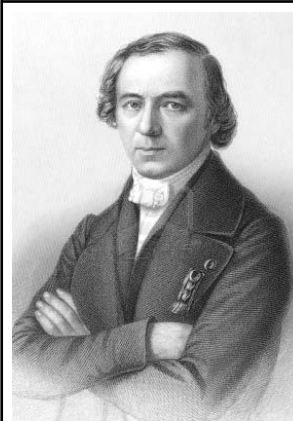
### Биографическая справка



**Иенс Якоб БЕРЦЕЛИУС (1779–1848)** — гениальный шведский химик, автор дуалистической теории в электрохимии органических соединений, а также автор современного написания знаков многих химических элементов.

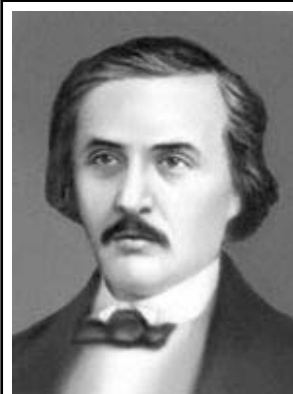
Якоб Берцелиус с детства имел склонность к коллекционированию. Он собирал чучела птиц, насекомых и растения, а также увлекался охотой. В студенческие годы он научился у одного итальянца паять стекло и делать стеклянную посуду, что пригодилось в его лабораторной деятельности. Ещё одним штрихом к жизненному стилю Берцелиуса могут служить его частые болезни, начиная с 39-тилетнего возраста (1818, 1832, 1835 гг.). Причиной этому могло быть чрезмерное личное упорство в самых кропотливых исследованиях. Так, в период 1811–1818 гг. шведский учёный определил атомные веса 45 элементов, проанализировал и определил процентный состав 2000 соединений. А за период 1808–1818 гг. написал трёхтомный труд «Учебник химии», который стал настольной книгой для химиков 1820–1850-х годов. К тому же он в течение всей жизни вёл большую международную переписку с коллегами: написал более 6000 и получил около 7000 писем.

Общался почти со всеми крупными зарубежными учёными, поскольку отлично владел французским, английским и немецким языками.



**Жан Батист Андре ДЮМА (1800–1884)** — выдающийся французский химик, биохимик и педагог высшей школы. Автор теории замещения: «хлор обладает удивительным свойством притягивать водород к себе и замещать его атом за атомом».

С изучением действия хлора на органические вещества связана интересная история. Началась она на одном из балов во французском королевском дворце. Парижское общество, собравшееся повеселиться, вынуждено было разойтись по домам, так как из-за удушливого запаха, появившегося неизвестно откуда, в зале невозможно было находиться. Чтобы выяснить источник неприятного запаха, решили обратиться к Дюма. Известному химику не составило большого труда найти причину происшествия — ею оказались восковые свечи, отбеленные хлором. Анализ показал, что в молекулах отбеленного воска водорода содержалось гораздо меньше, чем в обычном, зато там присутствовали атомы хлора. Оставшийся в них хлор при горении давал пары хлороводорода, которые и сорвали бал. Чтобы понять, каким образом хлор перешел в воск, Дюма решил подробно исследовать действие хлора на органические вещества.



**Шарль Фредерик ЖЕРАР (1816–1856)** — выдающийся французский химик, автор унитарной теории.

Он не хотел помогать отцу в руководстве свинцовой фабрики и поэтому ушёл в солдаты, но друзья-химики выкупили его, и он устроился в знаменитую лабораторию Либиха.

Жерар открыл для мира важное значение закона Авогадро. Боевой дух французского химика в науке характеризует следующее воспоминание 1853 г. А. Шерера-Кестнера о дискуссии между Жераром и Вюрцом: «Жерар — человек цельного характера, резкий и неистовый, и Вюрц — пылкий, но тонкий и деликатный, спорили об атомах и молекулах. Иногда Жерар — человек, глубоко убеждённый в правоте своих идей, выходил из терпения из-за возражений своего противника, и я видел, как он ломал пальцами мел, которым чертил формулы на доске».

Использована литература:

Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я. Выдающиеся химики мира. Библиографический указатель. — М., 1971; Соловьев Ю. И., Куринной В. И. Якоб Берцелиус. Жизнь и деятельность. — М., 1980; Журнал «Химия» издательского дома «Первое сентября» (<http://him.1september.ru/article.php?ID=200300702>)

В органической химии 30–40-х гг. XIX в. многие выдающиеся учёные были заняты поиском универсальной природной причины органических соединений, условий естественного органического синтеза. И Якоб Берцелиус, и Юстус Либих, и Шарль Жерар видели эту причину в некоей жизненной силе, которая, тем не менее, нуждалась в конкретизации. Либих писал: «Слово *жизненная сила* при настоящем состоянии науки не означает какой-нибудь особенной силы, как например, электричество, магнетизм, но это собирательное имя, под которым разумеют все причины, от которых зависят жизненные свойства. В этом смысле слово *жизненная сила* употребляется так же верно и основательно, как и слово *сила сродства*, которым обозначаются причины химических явлений и которая выражает между тем силу, нам не более известную, чем сила, обуславливающая жизненные явления»<sup>1</sup>. Жерар считал понятие «жизненная сила» символом, обозначающим неизвестные причины жизни. По Берцелиусу, это же нечто особенное, находящееся наряду с неорганическими элементами.

Многие историки химии указывают, что первым синтезом органического вещества стало получение Ф. Вёлером в 1828 г. в лабораторных условиях путём выпаривания мочевины из вещества, заведомо считавшегося минеральным, т.е. — из раствора кристаллического циановокислого аммония. Но по отношению к этому событию были скептики, которые продолжали утверждать, что «такие составляющие организм вещества, как углеводы, жиры, кислоты и др. не могут быть получены без участия «жизненной силы»».

В понимании органических веществ в 30–40-х гг. XIX в. конкурировали две основные группы теорий, соответствующие характерным стилям мышления:

**(А) дуалистическая теория и первая теория радикалов**, согласно которым:

- 1) все органические соединения имеют бинарный характер, связь между их полярно заряженными частицами осуществляется посредством электростатического взаимодействия,
- 2) составные единицы органических соединений представляют комплексы атомов, переходящие при химических метаморфозах в неизменном состоянии из одних в другие соединения,
- 3) составные единицы соединений — радикалы — могут существовать в свободном состоянии (этот факт подтвердился лишь в 1900 г.);

Сторонники: Я. Берцелиус, Г. Копп, Г. Кольбе, Ф. Вёлер, братья Розе, Х. Г. Гмелин и др.

**(В) теория замещения, унитарная теория типов и вторая теория радикалов (теория остатков)**, согласно которым существуют реакции замещения: например, совершается замещение электроположительного водорода электроотрицательным хлором, что не изменяет основных свойств исходного органического соединения, но даёт остаток в виде неконстантной (непостоянной) группы атомов, переходящей от одного соединения к другому<sup>2</sup>;

Сторонники: Ж.-Б. Дюма, Ш. Жерар, О. Лоран, Е. Пелиго, Ф. Малагути, О. Кагур, Ш. Шансель, Б. Силлимен-младший, А. В. Вильямсон, А. Кекуле, А. И. Ходнев, Н. Н. Зинин, Н. Н. Бекетов, Д. И. Менделеев и др.

### (А) Дуалистическая теория и (В) теория замещения (металепсии)

(А) «Придерживаясь во всех случаях системы Лавуазье, — пишет Н. А. Фигуровский, — Берцелиус воспринял и дуалистические взгляды Лавуазье на образование солей, согласно которым окисел металла (основание), соединяясь с кислотой (кислотным окислом — радикалом), даёт соль. Берцелиус распространил этот дуализм и на другие соединения. <...> Начав с исследований электролиза растворов солей (совместно с У. Гизингером), Берцелиус ещё более укоренился в убеждении, что соединение (соль) следует рассматривать как комплекс, образовавшийся из двух частей, противоположно электрически заряженных и связанных друг с другом силами электрического притяжения»<sup>3</sup>.

«Дуалистическая система, разработанная Берцелиусом, — пишет М. Джуа, — предполагает, что каждое соединение состоит из двух частей, имеющих различную электрическую полярность. Так, по два заряда имеют угольная кислота  $\text{CO}_2$ , серная кислота  $\text{SO}_3$ , окись кальция  $\text{CaO}$  и т.д.»<sup>4</sup>. Критерием подобия для Берцелиуса «послужило подобие между процессами нейтрализации (частичной или полной) противоположных электрических зарядов при их взаимодействии и «нейтрализации» свойств соединений при химической реакции»<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Цит. по: Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 158.

<sup>2</sup> См. Родный Н. И. Очерки по истории и методологии естествознания. — М., 1975. С. 106–107, 112–114.

<sup>3</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 120.

<sup>4</sup> Джуа М. История химии. — М., 1975. С. 207.

<sup>5</sup> Соловьев Ю. И., Куринной В. И. Якоб Берцелиус. Жизнь и деятельность. — М., 1980. С. 117.

Однако в отношении сложных молекулярных соединений Берцелиус признавал применение теории электрохимического дуализма лишь к доминирующим в них типам химических превращений. Но подавляющее число таких неизменных, замкнутых, предполагаемых преформативных групп (радикалов) не удавалось выделить в свободном состоянии. «Прекрасно понимая трудности определения преформативных групп как инвариантов состава, желая сохранить равновесие между крайностями спекулятивного теоретизирования о взаимном расположении атомов и грубом эмпиризмом брутто-формул, шведский химик предложил принять в качестве наиболее характерных для каждого вещества реакций “наиболее простые и изученные” реакции его разложения и синтеза, идущие при обычных, или близких к ним, условиях»<sup>6</sup>. Проводя с 1811 г. исследования органических кислот, Берцелиус доказал, что органические вещества подчиняются закону кратных отношений так же, как и неорганические. То есть органические вещества можно рассматривать как парные, что соответствовало электрохимической теории.

(В) «В 1834 г Ж. Дюма при действии хлора на этиловый спирт (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) получил хлораль C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>O. Он обратил внимание на общность реакций замещения водорода галогенами в органических соединениях и предложил назвать это металепсией (от *греч.* замена, обмен. — В. П.)»<sup>7</sup>. Также и Лоран (В) постулировал, что при замещении хлором водорода в органическом соединении он занимает место водорода, так что хлоропроизводное аналогично тому соединению, производным которого оно является.

(А) Берцелиус же считал, что столь электроотрицательный элемент, как хлор, не может никогда вступать в органический радикал, поскольку электроотрицательная природа хлора и его сильное сродство приводят к тому, что он может встречаться как составная часть характерного для него соединения.

То есть:  
если «А» указывает на *устойчивые и структурные* характеристики группы атомов, составляющие антагонистические части соединения,  
то «В» — на *неустойчивые и функциональные*.

(А) Согласно Берцелиусу, водород в органических соединениях всегда должен быть электроположительным, а хлор — электроотрицательным,

(В) согласно же Дюма водород и хлор при замещении играют одну и ту же роль, т.е. замещение эквивалента одного элемента эквивалентом другого элемента есть действие, причина которого лежит в стремлении к сохранению органического типа, напоминающего здание, части которого можно заменить без разрушения самого здания<sup>8</sup>.

По поводу утверждения Дюма в «Анналах Либиха» была опубликована шуточная заметка, где «утверждалось, что её автору будто бы удалось при действии хлора на ацетат марганца MnO + C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> заместить хлором сначала водород, затем кислород и марганец и, наконец, углерод. После этого новое соединение было подвергнуто анализу, давшему 100% хлора. Однако новое соединение обладало свойствами ацетата марганца. В примечании говорилось, что в Лондоне путём замещения хлором водорода, кислорода и углерода в клетчатке получают вату, состоящую исключительно из хлора. Из такой ваты в Лондоне делают превосходное бельё, набрюшники и ночные колпаки для госпиталей»<sup>9</sup>.

(А) Берцелиус считал, что трихлоруксусная кислота не имеет ничего общего с уксусной кислотой, так как их физические свойства совершенно различны,

а  
(В) Дюма полагал, что, если судить не по внешним физическим свойствам, то трихлоруксусная кислота схожа с уксусной кислотой по химическому поведению, наподобие того, как схожи между собой изомерные кристаллы<sup>10</sup>. Открытие Дюма в 1839 г. трихлоруксусной кислоты убедило большую часть химиков, что электроотрицательный элемент (хлор) может замещать электроположительный водород.

(А) Берцелиус считал, что трихлоруксусная кислота на самом деле является хлоругольнощавелевой кислотой и её следует рассматривать как парное соединение, состоящее из щавелевой кислоты — C<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ангидрид) и копулы — C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>; копула в трихлоруксусной кислоте превращается в C<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>, и, таким образом, формула трихлоруксусной кислоты — C<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + C<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub> (+ вода)<sup>11</sup>. То есть речь идёт о двойственной структуре соединений, что служит аргументом в пользу электрохимической теории и против теории замещения.

После открытия Дюма металепсии (замещения) и получения трихлоруксусной кислоты (C<sub>4</sub>Cl<sub>3</sub>O<sub>3</sub>), Берцелиус вынужден был отказаться от своей формулы «безводной уксусной кислоты» (C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>O<sub>3</sub>) как соединения положительного радикала C<sub>4</sub>H<sub>3</sub> с отрицательным кислородом в связи с тем, что радикал C<sub>4</sub>Cl<sub>3</sub> включал от-

<sup>6</sup> Соловьев Ю. И., Куринной В. И., Указ. соч. С. 148.

<sup>7</sup> Соловьев Ю. И. История химии: Развитие химии с древнейших времён до конца XIX в. — М., 1983. С. 170–171.

<sup>8</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 231.

<sup>9</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 230.

<sup>10</sup> Там же. С. 229–230

<sup>11</sup> Там же. С. 232

рицательный элемент, что противоречило электрохимической теории. Вместо старой он стал писать формулу C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>•C<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, т.е. изображая в виде парного соединения, состоящего из «безводной» щавелевой кислоты и радикала метила (изменчивой копулы). Г. Кольбе и Э. Франкланд попытались доказать справедливость точки зрения Берцелиуса. «С этой целью Кольбе предпринял электролиз уксусной кислоты. Как известно, при этом на аноде образуется ион CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub><sup>-</sup>, распадающийся на углекислоту и этан (составленный из двух метильных групп). Кольбе принял этан за свободный радикал метил и, таким образом, пытался показать справедливость точки зрения Берцелиуса»<sup>12</sup>. Правда, с производными уксусной кислоты возникли осложнения в доказательстве. «Кольбе остроумно вышел из затруднений, признав в уксусной кислоте существование радикала ацетила (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)•C<sub>2</sub>, в котором C<sub>2</sub> “представляет точку приложения сил сродства кислорода, хлора и т.д.”»<sup>13</sup>. Тогда получилась формула HO(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)C<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, из которой следует, что в кислотах атомы углерода должны обладать различными функциями. Франкланд также пытался получить радикалы в свободном виде, пользуясь реакцией взаимодействия между иодистым этилом и цинком. Он считал, что получил свободный этил (но в действительности же это был бутан C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).

## (А) Первая теория радикалов (дуалистическая теория) и (В) вторая теория радикалов (унитарная теория типов)

В «А» прослеживаются акценты на *бинарности (дуальности), автономности, природной сущности, идентичности органического и неорганического в строении, а в «В» — унитарности, заместимости, расположенности (сгруппированности), специфичности органического в строении* элементов и соединений.

Например, (А) теория радикалов «рассматривала образование этиламина как соединение этила и аммиака, т.е. двух замкнутых группировок атомов»; напротив, (В) теория типов «трактовала этиламин как результат замещения кислорода в эфире аминогруппой или как аммиак, в котором водород замещён этилом»<sup>14</sup>.

Если (А) дуалисты (Я. Берцелиус) под понятием «радикал» понимали *тело*, которое можно получить *в свободном виде* или которое существует в свободном виде, то (В) унитаристы (Ш. Жерар) — *отношение*.

(А) Берцелиус делал акцент на *структуре* соединения, а

(В) Жерар — на *отношениях*, которые связывают тела между собой, и на процессе *превращения*.

(А) Берцелиус оптимистически смотрел на неудачи с выделением свободных радикалов, приводя пример из неорганической химии, касающийся фтора, который в свободном состоянии никто не видел, но все знают о его существовании.

(В) Жерар скептически относился к «химии несуществующего», если не удаётся выделить радикалы в свободном виде.

(А) Берцелиус как сторонник старой теории радикалов считал органические радикалы неизменными, согласно же

(В) Лорану как стороннику новой теории радикалов, радикалы (ядра) могут изменяться:

то есть фундаментальные ядра, состоящие только из углерода и водорода, могут путём замещения в них водорода галогеном, кислородом, нитрогруппой превращаться в соединения, основой которых служат производные ядра, отличающиеся от фундаментального меньшим содержанием водорода, заместившегося частично другими элементами.

(А) Согласно *первой теории радикалов Берцелиуса*, органические соединения образуются из двух противоположно заряженных частей, например, радикала и кислорода, а вода предсуществует в органических соединениях (гидратная вода). *Для Берцелиуса* радикалы — это «реальные» органические атомы.

Берцелиус был склонен рассматривать органическую химию как химию сложных радикалов (=элементов) и противопоставлять радикалам абсолютно электроотрицательный кислород, и, таким образом, рассматривать кислотосодержащие органические соединения как окислы сложных радикалов. Если Лавуазье различал простые радикалы в неорганических соединениях и сложные радикалы в органических кислотах, то Берцелиус искал общий подход на основе электрохимической теории.

Основное же затруднение для себя он объяснял так: «В органических соединениях имеет место одна особенность, которой нет в неорганической природе, а именно, что образуются соединения из одних и тех же элементов, чаще всего в одних и тех же или очень близких относительных пропорциях с весьма неодина-

<sup>12</sup> Там же. С. 264

<sup>13</sup> Там же. С. 264

<sup>14</sup> Родный Н. И. Очерки... С. 114–115.

ковыми электрохимическими свойствами. В неорганической природе наиболее сильно электроотрицательные простые тела дают наиболее сильно электроотрицательные окислы, и мы объясняем это электроотрицательной полярностью радикала. Наоборот, в органической природе мы находим, что тела с одинаковым или почти одинаковым составом представляют собою: одни — сильные кислоты, другие — почти индифферентные вещества. Щавелевая кислота представляет собой более сильную кислоту, чем угольная кислота, несмотря на то, что в первой радикал соединён с меньшим количеством кислорода, чем в последней, и что этот факт связан с тем, что щавелевая кислота содержит в качестве радикала двойной атом»<sup>15</sup>.

Важным подтверждением своей теории Берцелиус считал факт обнаружения Либихом и Вёлером в 1832 г. бензойной кислоты в результате присоединения кислорода к горькоминдальному маслу, а точнее — вывод о том, что «при переходах от одного соединения (бензойной кислоты) к другим, группа атомов  $14C + 10H + 2O [2(C_7H_5O)]$  фигурирует в неизменном виде в составе всех соединений»<sup>16</sup>. То есть эта группа атомов представляет собой сложный радикал, названный бензоилом. Но при всём при том, Берцелиус вполне определённо выступил против идеи о существовании кислотосодержащего радикала бензоила, поскольку это противоречило убеждению, что кислород занимает особое положение абсолютно электроотрицательного элемента и, следовательно, его соединения с органическими радикалами должны рассматриваться как окислы.

(В) Согласно второй теории радикалов (теории остатков) Жерара, в результате взаимодействия двух органических веществ получается простое неорганическое вещество, образовавшееся из атомов обоих взаимодействующих веществ, а оставшиеся при этом комплексы атомов обоих веществ — остатки — соединяются друг с другом, так как они не могут существовать в свободном виде: например, реакция взаимодействия бензола с азотной кислотой представляется так  $C_6H_6 + HONO_2 = H_2O + C_6H_6NO_2$ . То есть при взаимодействии двух тел из одного из них выделяется элемент (например, водород), дающий с одним из элементов (например, кислородом) другого тела устойчивое соединение (воду); остатки же взаимодействующих тел соединяются между собою»<sup>17</sup>. Для Жерара радикалы (остатки) — это «мнимые» образования, полностью отличающиеся от веществ, способных существовать в свободном виде; это скорее сочетания атомов, которые при химических превращениях могут переходить из одного соединения в другое, подобно элементам, без изменений, придавая этим соединениям определённые химические свойства.

Сторонники «А» стремились рассматривать сложные вещества как состоящие из двух групп, соединённых электричеством, а сторонники «В» — из одной целой группы, в которой атомы располагаются симметрично»<sup>18</sup>.

Если (А) Г. Кольбе призывал идти от простого рационального (типично дуалистического) к неизвестно-сложному (несчётному) эмпирическому, то (В) Ш. Жерар — от известно-сложного (счётного) эмпирического к простому рациональному (типично унитарному)<sup>19</sup>.

(А) Берцелиус и его сторонники чаще использовали рациональные формулы (предполагающие различные гипотетические предпосылки о структуре органического «сложного атома»), а (В) Жерар и его сторонники — двухобъёмные эмпирические формулы (свободные от всяких гипотетических предпосылок о структуре органического «сложного атома», неизменные), отражающие лишь процентный состав соединений.

Дуалисты (А), например, по-разному писали формулу этилового спирта: Берцелиус —  $(C_2H_6)O$ , Митчеллих —  $C_4H_{10}O_2 + H_2$ , Малагути —  $C_4H_6O + H_4 + H_2O$  и т.д.

Если (А) рациональные формулы делали акцент на выражении состава и строения химических соединений, то (В) эмпирические формулы — на отображении только реакций образования соединений без представления расположения атомов.

Жерар (В) писал: «Только суммарные или эмпирические формулы имеют научное значение, которое нельзя приписывать рациональным формулам, являющимся эфемерным продуктом более или менее богатой фантазии». Лоран (В) ему отвечал: «Я хочу вместе с Вами отбросить рациональные [дуалистические] формулы, но при условии, что мы постараемся создать синоптические формулы, указывающие на отношения между различными классами [соединений] и их свойствами. Другие химики будут искать формулы “расположения”, и мы сможем их критиковать хотя бы потому, что они не нашли истинной формулы». Позднее Жерар писал: «Рациональные формулы весьма полезны, когда речь идёт о выявлении графическим путём некоторых аналогий в реакциях, некоторых отношений между телами различного состава. Каждый может изменять их по своему желанию в зависимости от того, какое отношение он хочет изобразить, но строить фор-

<sup>15</sup> Цит. по: Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 205.

<sup>16</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 209.

<sup>17</sup> Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 245.

<sup>18</sup> Бутлеров А. М. Сочинения. Том III. — М., 1958. С. 230.

<sup>19</sup> Там же. С. 255–259, 278.

мулы только согласно дуалистическим взглядам — значит придавать им слишком узкое значение, противное духу науки»<sup>20</sup>. Свою систему химических формул он назвал унитарной, рассматривая молекулу вещества как единое целое. По мнению Жерара, установить конституцию с помощью рациональной формулы — «значит установить не расположение атомов в молекуле, а гомологический ряд, к которому принадлежит данное вещество, и место, которое оно занимает в ряду и во всей системе классификации»<sup>21</sup>.

Таким образом, эмпирические формулы легли в основу классификации органических веществ по принципу «лестницы сгорания», установленного Жераром: «Органические вещества надо расположить в виде “лестницы”, в которой верхние ступеньки заняты наиболее сложными, а нижние — наиболее простыми веществами таким образом, чтобы эти последние получались путём “горения” (окисления), т.е. отнятием углерода и водорода в виде  $CO_2$  и  $H_2O$  из предшествующих. Эта “лестница” будет, таким образом, составлена из различных ступенек, соответствующих различному числу углерода в убывающем порядке»<sup>22</sup>. Если в рациональной формуле карбоната этиламмония

(А) Берцелиус использует знак «+», то (В) Жерар — знак «{»<sup>23</sup>.

Основной предмет спора: могут ли органические соединения рассматриваться как парные с точки зрения электрохимической теории? Или по-другому: соответствует ли состав предполагаемых радикалов электрохимической теории Берцелиуса? То есть в полной ли мере свойства радикалов в органических соединениях соответствуют свойствам атомов в неорганических соединениях, если считать радикал своего рода «органическим атомом»?

В середине 30-х гг. XIX в., например, Либих и Дюма то спорили, то сходились во мнениях, касающихся состава радикалов. В общей статье 1837 г. они писали: «Сложные радикалы являются теми настоящими элементами, которыми оперирует органическая химия, а не более отдалённые простые составные части, как то: углерод, водород, азот и кислород, которые обнаруживаются лишь тогда, когда уже исчезает всякий след органического происхождения. В неорганической химии все радикалы просты, в органической же химии все элементы сложны. В этом заключается всё различие. Законы же соединения и реакций одинаковы в обоих случаях. Таким образом, органическая химия имеет дело с радикалами, из которых одни играют роль металлов, другие — кислорода, серы и хлора. Эти радикалы могут соединяться между собой, а также с простыми телами и таким путём, подчиняясь простейшим законам неорганической природы, ведут к образованию всех органических тел»<sup>24</sup>.

Профессор Казанского, а затем Дерптского университета К. Н. Клаус выражал симпатии к учению Берцелиуса, утверждавшего, что все окислы разделяются на положительно и отрицательно заряженные, а их соединения, т.е. соли, образуются вследствие притяжения разноимённых зарядов. В своей книге 1854 г. «Клаус привёл ряд фактов, находящихся в явном противоречии с теорией Жерара, и отверг её, как непригодную для платиновых оснований»<sup>25</sup>.

Если Жерар (В) аммиачные соединения солей металлов толковал как замещённый аммоний (например, зелёная соль Магнуса истолковывалась как хлористый аммоний, в котором эквивалент водорода замещён одним эквивалентом платины), то

Клаус (А) высказывал весьма близкую к современным воззрениям на строение аммиатов платины и других тяжёлых металлов мысль, о том, что «в некоторых соединениях аммиак, как основание, может играть пассивную роль и, подобно воде, играть роль основания или не играть этой роли»<sup>26</sup>. В этом случае, согласно Клаусу, платиновые основания можно рассматривать, как «соединения пассивного аммиака с окислами металлов, в которых способность к насыщению зависит от металлического окисла»<sup>27</sup>.

Исследования Клауса по химии платиновых металлов, замечает О. Е. Звягинцев, в значительной части относятся к химии комплексных соединений — платиновых, родиевых, иридиевых, рутениевых и других «оснований». «Не приняв теорию типов Лорана и Жерара, Клаус придерживался воззрений, более близких современной координационной теории, чем “аммонийная теория” Жерара»<sup>28</sup>. Примечательно и то, что Бутлеров (аВ) был учеником Клауса.

Спор среди последователей продолжался и в начале 1870-х гг. «Химики, — комментировал ситуацию Канниццаро, — до сих пор ещё не вполне согласны относительно выбора формул, которыми выражают конституцию соединений... как кажется, и из тех, кто принял новую систему атомных весов и формул, называемую унитарной в противоположность дуалистической, довольно многие сделали это, по-видимому, из чистой любезности и, недостаточно исследовав солидность оснований, на которых покоится эта система, кичатся

<sup>20</sup> Фаерштейн М. Г. Шарль Жерар. — М., 1968. С. 106–107.

<sup>21</sup> Там же. С. 110.

<sup>22</sup> Цит. по: Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 247.

<sup>23</sup> Фаерштейн М. Г. Шарль Жерар. — М., 1968. С. 110.

<sup>24</sup> Цит. по: Фигуровский Н. А. Очерк... С. 218–219.

<sup>25</sup> Звягинцев О. Е. Развитие химии комплексных соединений//Очерки по истории химии. — М., 1963. С. 82.

<sup>26</sup> Цит. по: Звягинцев О. Е. Развитие химии комплексных соединений//Очерки по истории химии. — М., 1963. С. 82.

<sup>27</sup> Там же. С. 83.

<sup>28</sup> Там же. С. 83.

своим скептицизмом в оценке её реального значения; напротив, другие, руководимые верой, доходящей до фанатизма, придают одинаковое значение не только существенным и побочным частям новой системы, но и всякого рода предположениям, которые берут в ней начало или же местами вклинены в неё»<sup>29</sup>.

Весьма примечательно следующее высказывание Канницаро как химика-исследователя и историка химии, высказывание, касающееся исторического априори спорящих научных стилей. «Я знаю по собственному опыту, что понять и оценить работы, вокруг которых кипит спор в этой области науки, можно лишь тогда, когда мы обратимся назад и отыщем истоки не только господствующих ныне идей и методов, но также и теорий, которые, хотя заброшены и даже забыты, оставили в науке, в первую очередь в её языке, ещё неизгладившийся след»<sup>30</sup>.

### 3. Творческое задание

Для выполнения этого задания ваша группа сторонников теории (это либо «А», либо «В») должна разбиться на три примерно равных подгруппы — № 1, № 2, № 3.

После того, как появились три подгруппы, найдите далее задание для своей и вместе выполняйте его.

#### Творческое задание для группы № 1

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В 30–40 гг. XIX в. конкурировали две основные группы теорий в вопросах о строении органических соединений:

А) Дуалистическая теория, основоположником которой был шведский учёный Якоб Берцелиус (1779–1848).

Б) Теория замещения (металепсии), основоположником которой был французский учёный Жан Батист Дюма (1800–1884).

Берцелиус объяснял, что строение органических веществ зависит только от действия двух противоположных сил — положительного и отрицательного электричества. Поэтому каждое соединение должно состоять из двух частей, при этом одна часть заряжена положительно, а вторая отрицательно и связаны эти части электрохимическим взаимодействием.

В 1834 г. Дюма экспериментально установил (он получил из этанола трихлоруксусный альдегид), что электроположительный атом (водород) в органических соединениях может замещаться на электроотрицательный (хлор). При этом свойства нового вещества мало изменяются по сравнению с исходным веществом.

Между Дюма и Берцелиусом произошла полемика, в которой каждый доказывал своё видение строения органических веществ.

Берцелиус утверждал, что водород в органических соединениях всегда должен быть электроположительным, а хлор — электроотрицательным.

Дюма утверждал, что водород и хлор при замещении эквивалентны друг другу.

В 1839 г. Дюма из уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) получил трихлоруксусную кислоту ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ) и полагал, что эти вещества проявляют сходные химические свойства.

Берцелиус считал, что уксусная кислота состоит из ангидрида ( $\text{C}_2\text{O}_3$  — отрицательная частица) и копулы ( $\text{C}_2\text{H}_3$  — положительная частица) и писал формулу уксусной кислоты так:  $\text{C}_2\text{H}_3 \cdot \text{C}_2\text{O}_3$ , а формула трихлоруксусной кислоты —  $\text{C}_2\text{Cl}_3 \cdot \text{C}_2\text{O}_3$ .

Берцелиус рассматривал органическое соединение как состоящее из двух частей, которые он называл радикалами, и считал, что они могут переходить в процессе химической реакции из одного соединения в другое без изменений.

Дюма рассматривал каждое органическое соединение как целое, а не состоящее из двух частей.

### Творческое задание для группы № 2

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В начале XIX в. на основе электрохимической теории Я. Берцелиуса было установлено общее сходство в молекулярном составе между неорганическими и органическими веществами. Атомам в неорганических веществах соответствовали радикалы органических веществ. Юстас Либих назвал органическую химию химией сложных радикалов.

В 1832 г. вышла статья Ю. Либиха и Фридриха Вёлера «Исследование о радикале бензойной кислоты». Они изучали свойства горькоминдального масла и установили, что при его окислении образуется бензойная кислота, формулу которой они изображали  $14\text{C} + 10\text{H} + 3\text{O}$ , а состав горькоминдального масла оказался  $(14\text{C} + 10\text{H} + 2\text{O}) + 2\text{H}$ . Учёные получили производные этого вещества и пришли к выводу, что во все эти соединения в неизменном виде входит группа атомов  $14\text{C} + 10\text{H} + 2\text{O}$ , которая

представляет собой сложный радикал, получивший название «бензоил». Это подтверждало теорию Берцелиуса о составе органических соединений из радикалов. НО! Бензоил содержал кислород (электроотрицательный элемент) и поэтому не мог быть заряжен положительно, как это требовала электрохимическая теория.

В 1848 г. Э. Франкланд и Г. Колбе сообщили, что им удалось выделить в свободном виде радикалы метил и этил. Вскоре, однако, выяснилось, что это вещества этан и бутан.

Сторонникам теории радикалов не удалось установить соответствие радикалов органических соединений атомам в неорганических веществах. К концу 30-х гг. многим учёным теория радикалов, а также электрохимическая (дуалистическая) теория Я. Берцелиуса стали казаться сомнительными.

<sup>29</sup> Цит. по: Быков Г. В., Крицман В. А. Станислао Канницаро. — М., 1972. С. 43–44.

<sup>30</sup> Там же. С. 45.

## Творческое задание для группы № 3

1. Внимательно ознакомьтесь с историческим текстом.
2. Напишите сценарий к тексту. Большая часть его должна быть представлена в виде диалога исторических персонажей. Определяя роли, можно использовать не только основные исторические персонажи, указанные в тексте, но и добавить в соответствии с содержанием какие-то ещё. Их можно найти в исходном «большом» тексте по истории спора теорий в химии, или же можно ввести роль «комментатора», используя тот же исходный текст.
3. Распределите роли.
4. Поставьте сценку согласно историческому тексту.

**ТЕКСТ:** В 40–50-х гг. XIX в. теорию радикалов (дуалистическую) Я. Берцелиуса сменила теория типов (унитарная, замещения) Ж. Дюма и Ш. Жерара.

Сторонники теории типов каждое органическое вещество представляли как целое, а не состоящее из двух частей. Кроме того, органические соединения они рассматривали как производные простейших неорганических веществ:  $H_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ .

В 1843 г. познакомились сторонники теории замещения Огюст Лоран и Шарль Жерар. Первые исследования Лорана были посвящены реакциям замещения. В своей книге «Метод химии» он изложил теорию ядер, согласно которой радикалы (ядра) могут изменяться: т.е. фундаментальные ядра, состоящие только из углерода и водорода, могут путём замещения в них водорода галогеном, кислородом, нитрогруппой превращаться в соединения, основой которых служат производные ядра, отличающиеся от фундаментального меньшим содержанием водорода, заместившегося частично другими элементами.

Согласно *первой теории радикалов Берцелиуса*, органические соединения образуются из двух противоположно заряженных частей, например, радикала и кислорода, а вода предсуществует в органических соединениях (гидратная вода). *Для Берцелиуса* радикалы — это «реальные» органические атомы.

Согласно *второй теории радикалов (теории остатков) Жерара*, в результате взаимодействия двух органических веществ получается простое неорганическое вещество, образовавшееся из атомов обоих взаимодействующих веществ, а оставшиеся при этом комплексы атомов обоих веществ — остатки — соединяются друг с другом, так как они не могут существовать в свободном виде: например, реакция взаимодействия бензола с азотной кислотой представляется так  $C_6H_6 + HONO_2 = H_2O + C_6H_5NO_2$ .

То есть при взаимодействии двух тел из одного из них выделяется элемент (например, водород), дающий с одним из элементов (например, кислородом) другого тела устойчивое соединение (воду); остатки же взаимодействующих тел соединяются между собою<sup>1</sup>.

*Для Жерара* радикалы (остатки) — это «мнимые» образования, полностью отличающиеся от веществ, способных существовать в свободном виде; это скорее сочетания атомов, которые при химических превращениях могут переходить из одного соединения в другое, подобно элементам, без изменений, придавая этим соединениям определённые химические свойства.

<sup>1</sup> См. *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. — М., 1979. С. 245.

## 4. Лабораторный журнал

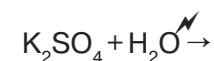
## 4.1. Группа «А». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Дуалистическая теория Я. Берцелиуса

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 1.** Дуалистическая система Берцелиуса предполагает, что каждое соединение состоит из двух частей, с разной полярностью. Он был сторонником дуалистических взглядов А. Лавуазье на образование солей: основание + кислота = соль. Берцелиус убедился в этом, проводя опыты по электролизу солей. Он проводил подобие между процессами нейтрализации противоположных электрических зарядов и их взаимодействия в реакциях нейтрализации.

**ОПЫТ № 1.** Посмотрите демонстрационный опыт электролиза раствора сульфата калия (проводит учитель или лаборант).

**Вопросы и задания по опыту:**

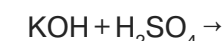
1. Составьте уравнение реакции электролиза раствора  $K_2SO_4$ :



2. Какие продукты реакции выделились на катоде и аноде?
3. Какое вещество остаётся в растворе после реакции?

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнение реакции нейтрализации в молекулярном и ионном виде:



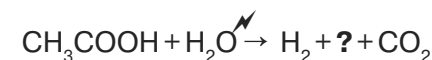
2. Берцелиус изображал формулу сульфата калия  $KOSO_3$ . На какие две составные части, имеющие различную электрическую полярность, можно «разделить» это вещество?

**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 2.** Берцелиус изображал формулу уксусной кислоты  $C_2H_3 \cdot C_2O_3$ , так как считал, что она состоит из «безводной» щавелевой кислоты и радикала метила (изменчивой копулы). Г. Кольбе и Э. Франкланд попытались доказать справедливость точки зрения Я. Берцелиуса.

**ОПЫТ № 2 (описательный).** Кольбе провёл электролиз уксусной кислоты. При этом на аноде, как считал Кольбе, выделился свободный радикал метил. Франкланд также пытался получить радикалы в свободном виде реакцией между йодистым этилом и цинком. Он считал, что получил свободный этил.

**Вопросы и задания на понимание:**

1. Составьте уравнение реакции электролиза раствора уксусной кислоты:



2. Какой газ выделился на аноде?
3. Составьте уравнение реакции между этилйодидом и цинком:



4. Назовите неизвестный продукт реакции.
5. Можно ли продукты реакции, обозначенные знаком ?, отнести к свободным радикалам (т.е. «реальным» органическим веществам), в существовании которых был уверен Берцелиус?

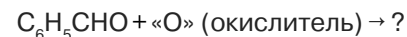
**ИСТОРИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ № 3.** Важным подтверждением своей теории Берцелиус считал факт обнаружения Либихом и Вёлером в 1832 г. бензойной кислоты и открытие радикала — бензоила.

**ОПЫТ № 3 (описательный).** Либих и Вёлер установили, что горькоминдальное масло окисляется до бензойной кислоты (точнее, ангидрид бензойной кислоты  $14C + 10H + 3O$ ). Если бензойную кислоту восстановить водородом, то получается бензойный альдегид ( $14C + 10H + 2O$ ) +  $2H$ . Затем учёные получили производные бензойного альдегида: хлорид, сульфат, цианат. В итоге они пришли к выводу, что все эти вещества содержат неизменную группу ( $14C + 10H + 2O$ ), которая представляет сложный радикал, получивший название «бензоил».

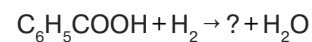
#### Вопросы и задания на понимание:

1. Современная формула бензойного альдегида  $C_6H_5CHO$ , бензойной кислоты  $C_6H_5COOH$ . Составьте уравнения химических реакций:

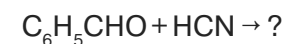
а) Окисление бензойного альдегида кислородом воздуха



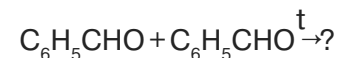
б) Восстановление бензойной кислоты водородом



в) Взаимодействие  $C_6H_5CHO$  с  $HCN$  (синильная кислота)



г) Получение бензоина. Взаимодействие двух молекул  $C_6H_5CHO$  в присутствии  $KCN$ .



*Примечание:* При составлении уравнений используйте в своих записях структурные формулы органических веществ.

2. Какое вещество является аналогом «бензоила»?

3. Почему Берцелиус сначала с восторгом встретил открытие нового радикала, а затем резко изменил своё отношение к бензоилу?

## 4.2. Группа «В». Лабораторный журнал по химическому эксперименту. Теория замещения (металепсии) Ж. Дюма и Ш. Жерара

**ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА.** В 1834 г. Ж. Дюма при действии хлора на этиловый спирт получил хлораль. Он обратил внимание на общность реакций замещения водорода галогенами в органических соединениях. Водород и хлор играют одну и ту же роль, т.е. они эквивалентны друг другу в молекулах органических веществ.

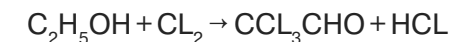
**ОПЫТ № 1.** С помощью комплекта для составления шаростержневых моделей (см. Рис. 1), соберите шаростержневую модель этанола ( $C_2H_5OH$ ), используя чёрные шарики с четырьмя отверстиями (атомы С), белые шарики с одним отверстием (атомы Н), красные шарики с двумя отверстиями (атомы О), соединяя все шарики между собой валентными палочками (химическая связь). Соберите шаростержневую модель хлораля ( $CCl_3CHO$ ). Для этого замените в этаноле у первого углеродного атома 3 атома водорода на 3 атома хлора (зелёные шарики). У второго углеродного атома атом водорода соедините одной валентной палочкой (химическая связь), а атом кислорода двумя валентными палочками.

Рис. 1



#### Вопросы и задания на понимание теории замещения:

1. Составьте уравнение реакции замещения хлорирования этанола. Расставьте коэффициенты.

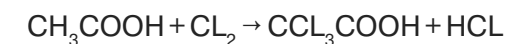


2. Как вы объясните высказывание Ж. Дюма о том, что водород и хлор играют одну и ту же роль при замещении. Это фигурально напоминает здание, части которого можно заменить без разрушения самого здания?

**ОПЫТ № 2.** С помощью комплекта для составления шаростержневых моделей, соберите шаростержневую модель уксусной кислоты ( $CH_3COOH$ ), используя чёрные шарики с четырьмя отверстиями (атомы С), белые шарики с одним отверстием (атомы Н), красные шарики с двумя отверстиями (атомы О), соединяя все шарики между собой валентными палочками (химическая связь). Соберите шаростержневую модель трихлоруксусной кислоты ( $CCl_3COOH$ ). Для этого замените в этаноле у первого углеродного атома 3 атома водорода на 3 атома хлора (зелёные шарики).

#### Вопросы и задания на понимание теории замещения:

1. Составьте уравнение реакции замещения хлорирования уксусной кислоты. Расставьте коэффициенты.



2. Ж. Дюма был убеждён, что по химическим свойствам уксусная и хлоруксусная кислоты сходны. Почему? Составьте уравнения реакций взаимодействия веществ:  $NaOH$ ,  $Mg$ ,  $C_2H_5OH$  с

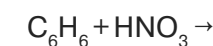
а) уксусной кислотой,

б) трихлоруксусной кислотой.

**ОПЫТ № 3.** С помощью комплекта для составления шаростержневых моделей, соберите шаростержневую модель бензола ( $C_6H_6$ ), используя чёрные шарики с четырьмя отверстиями (атомы С), белые шарики с одним отверстием (атомы Н), соединяя все шарики между собой валентными палочками (химическая связь). В молекуле бензола атомы углерода соединены в шестичленный цикл. Химические связи между атомами углерода чередуются: одна одинарная связь, следующая — двойная. Соберите шаростержневую модель нитробензола ( $C_6H_5NO_2$ ). Для этого замените в бензоле один атом водорода на  $NO_2$ -группу, которую соберите так: возьмите один синий шарик, имеющий пять отверстий (атом азота) и два красных (атомы кислорода). Азот соедините с кислородами двойными связями. Оставшееся отверстие у атома азота соедините с молекулой бензола.

#### Вопросы и задания на понимание теории замещения:

1. Составьте уравнение реакции замещения нитрования бензола:



2. Согласно теории замещения Ш. Жерара, в результате взаимодействия двух органических веществ получается неорганическое вещество, а остатки молекул соединяются друг с другом, т.к. не могут существовать в свободном виде. Объясните это утверждение с точки зрения реакции замещения нитрования бензола.



## 5. Аргументы для дискуссии

Аргументы группы «А»

---

---

---

---

---

---

---

---

Аргументы группы «В»

---

---

---

---

---

---

---

---

## Рекомендуемая литература

- Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я.* Выдающиеся химики мира. Библиографический указатель. – М., 1971.  
*Дорфман Я. Г.* Лавуазье. – М., 1962.  
*Соловьев Ю. И.* Сванте Аррениус: 1859–1927. – М., 1990.  
*Родный Н. И., Соловьев Ю. И.* Вильгельм Оствальд. 1853–1932. – М., 1969.  
*Писаржевский О.* Дмитрий Иванович Менделеев: 1834–1907. – М., 1951.  
*Д. И. Менделеев* в воспоминаниях современников. – М., 1969.  
*Соловьев Ю. И., Куринной В. И.* Якоб Берцелиус. Жизнь и деятельность. – М., 1980.  
*Красногоров В.* Юстус Либих. – М., 1980.  
*Фаерштейн М. Г.* Шарль Жерар. – М., 1968.