

ТЕМА 3



Экспериментальное естествознание XVII века

В XV-XVI веках в Европе начался период быстрого роста торговли и материального производства. К XVI веку техника в Европе вышла на уровень заметно более высокий, чем в период расцвета Античного мира

Развитие философии и естествознания в эпоху Возрождения привело к глубокому кризису аристотелевской картины мира и поставило задачу выработки отражающей реальные свойства действительности физической концепции

Потребности технического прогресса привели к созданию основ научного эксперимента

Новая философия

отрицающая роль авторитета
(как религиозных доктрин, так и
античных учений)
и утверждающая приоритет научного
доказательства

Френсис Бэкон (1561-1626)

Тезис о том, что решающим
доводом в научной дискуссии
должен являться эксперимент

Новая логика науки – индукция,
основанная на умозаключении
от частного к общему



Возрождение атомизма

Рене Декарт (Картезий)
(1596-1650)

Все тела состоят из корпускул различной формы и размеров; форма корпускул связана со свойствами вещества



Пьер Гассенди
(1592-1655)

Тела состоят не из первичных атомов, а из их соединений — «молекул»
(от *moles* — «масса»)



Экспериментальное естествознание

Галилео Галилей (1564-1642)

- основные принципы механики
- телескопические наблюдения
- вклад в победу гелиоцентрической системы мира



Иоганн Кеплер (1571-1630)

- Обоснование и развитие гелиоцентрического учения
«Новая астрономия» (1609),
«Гармония Мира» (1619)



ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

*Эванджелиста Торричелли
(1608-1647)*



*Блез Паскаль
(1623-1662)*



*Отто фон Герике
(1602-1686)*



Опыты по изучению вакуума и атмосферного давления (середина XVII в.)

ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

«Магдебургские полушария»



ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

Христиан Гюйгенс (1629-1695)

- *«Трактат о свете» (1690)*
- волновая теория света



Исаак Ньютон (1643-1727)

- *Законы классической механики*
- *Закон всемирного тяготения*
- *Создание единой механической картины мира*
«Математические начала натуральной философии» (1687)

ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

Научная революция

Становление нового естествознания, целиком основанного на экспериментальных данных

Основа естествознания – принцип количественного измерения в экспериментальных исследованиях



Новое естествознание – новые организационные формы: научные общества и академии наук



ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

1560 г. – Академия тайн природы
(Неароль)

1603 г. – «Академия зорких»
(Рим)

1657 г. – «Академия опытов»
(Флоренция)

1652 г. – «Академия естествоиспытателей»
(«Леопольдина») – Германия

1662 г. – «Королевское общество для
развития знания» (Англия)

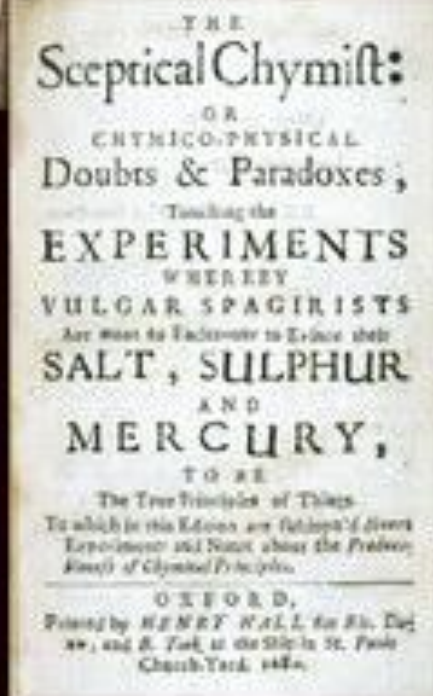


Научная химия

Роберт Бойль
(1627-1691)

- Закон Бойля
- Химический анализ
- Индикаторы

«Химик-скептик»
(1661)



Р. Бойль. «Химик-скептик»

Беседа между четырьмя философами:

- Фемист, перипатетик
(последователь Аристотеля)
- Филопон, спагирик
(сторонник Парацельса)
- Карнеад, излагающий взгляды
«мистера Бойля»
- Элевтерий, беспристрастный арбитр



Бойль убедительно опроверг и аристотелевское учение о четырёх стихиях (огне, воздухе, воде и земле), и учение алхимиков о трёх принципах (сере, ртути и соли)

ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

Р. Бойль. «Химик-скептик»:

Ни четыре стихии Аристотеля, ни три принципа алхимиков не могут быть признаны в качестве элементов

Понятия современной химии должны быть пересмотрены и приведены в соответствие с экспериментом



Элементами Бойль считал практически неразложимые тела, состоящие из сходных однородных (состоящих из первоматерии) *корпускул*, из которых составлены все сложные тела и на которые они могут быть разложены.

Корпускулы могут различаться *формой, размером и массой*. Корпускулы, из которых образованы тела, остаются неизменными при превращениях тел

Главное значение работы Бойля «Химик-скептик»:

- Программа поиска и изучения реальных химических элементов
- Формулировка новой цели химии — изучения состава веществ и зависимости свойств вещества от его состава
- Введение в химию индуктивного метода

«Я начертал здесь план химической философии, который надеюсь выполнить и усовершенствовать своими опытами и наблюдениями...»



ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

Последняя четверть XVII в. – *эклектические воззрения*: попытки увязать алхимические традиции и новые представления о химических элементах

*Иоганн Иоахим Бехер
(1635-1682)*

«Подземная физика» (1669)

Три вида земли:

- *первая – плавкая и каменистая,*
- *вторая – жирная и горючая,*
- *третья – летучая*



*Николя Лемери
(1645-1715)*

«Курс химии» (1675)

*Химия есть искусство, учащее,
как разделять различные вещества,
содержащиеся в смешанных телах*



На основании анализа посредством огня –
пять основных материальных начал веществ:

- *Спирт (или "ртуть")*
- *Масло (или "сера")*
- *Соль*
- *Вода ("флегма")*
- *Земля*

Активные начала

Пассивные начала

Теория флогистона

В значительной степени основывалась на традиционных представлениях о составе веществ и об элементах как носителях определённых свойств



Тем не менее, она стала в XVIII в. главным условием и основной движущей силой развития учения об элементах и способствовала полному освобождению химии от алхимии

Основа для теории флогистона – традиционные представления о *горении* как о *разложении* тела

Цель – дать этому феномену *рациональное объяснение*, которое можно использовать для решения конкретных технических задач

Причина горючести:

Аристотель:

Горючи тела, содержащие стихию (элемент) огня

Алхимики:

Горючи тела, содержащие Серу – принцип горючести

Эклектики:

Горючи тела, содержащие

- масло (серу) – Лемери
- жирную землю – Бехер



Георг Эрнст Шталь (1660-1734)

Основные положения теории:

- *Существует материальная субстанция, содержащаяся во всех горючих телах – флогистон (от греческого φλογιστος – горючий)*
- *Горение представляет собой разложение тела с выделением флогистона, который необратимо рассеивается в воздухе*
- *Флогистон всегда находится в сочетании с другими веществами и не может быть выделен в чистом виде; наиболее богаты флогистоном вещества, сгорающие без остатка*
- *Флогистон обладает отрицательной массой*



ТЕОРИЯ ФЛОГИСТОНА

Процесс обжига металла в рамках теории флогистона:

Металл = Окалина + Флогистон

Для получения металла из окалины (или из руды) можно использовать любое тело, богатое флогистоном – древесный или каменный уголь, жир, растительное масло и т.п.:

**Окалина + Тело, богатое флогистоном
= Металл**

Шталь экспериментально обосновал тождество флогистона во всех горючих телах

Дыхание и ржавление железа – тот же процесс разложения содержащих флогистон тел, но протекающий медленнее, чем горение

Достоинства флогистонной теории:

- Просто и адекватно описывает экспериментальные факты, касающиеся процессов горения;
- Внутренне непротиворечива, т.е. ни одно из следствий не находится в противоречии с основными положениями;
- Целиком основана на экспериментальных фактах;
- Обладала предсказательной способностью.

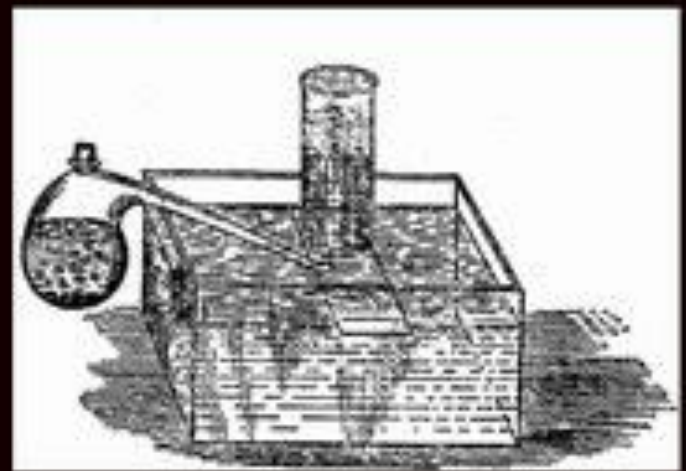


ТЕОРИЯ ФЛОГИСТОНА

Теория флогистона стала общепризнанной только во второй половине XVIII века!

Флогистон – один из флюидов (гипотетических невесомых жидкостей), которыми в XVIII в. объясняли явления тепла, магнетизма, электричества.

Один из результатов создания флогистонной теории - активное изучение химиками *газов* вообще и газообразных продуктов горения в частности



ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Джозеф Блэк
(1728-1799)

- «Связанный воздух» (CO_2)
(1756)



Даниил Резерфорд
(1728-1819)

- «Флогистированный воздух» (N_2)
(1772)



ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

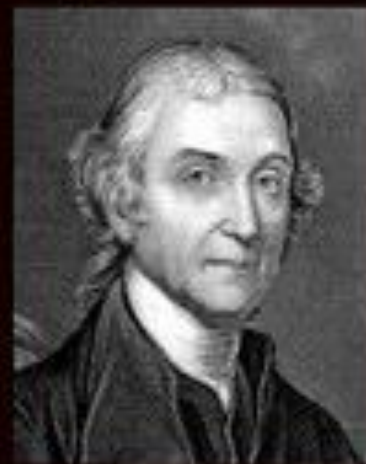
Генри Кавендиш
(1731-1810)

- Водород (1766)



Джозеф Пристли
(1733-1804)

- N_2O , NH_3 , HCl , SO_2 ,
 O_2



Карл Вильгельм Шееле
(1742-1786)

- Кислород (1772),
хлор (1774)



Карл Вильгельм Шееле

Пьер Жозеф Макёр (1718-1784)

«Химический словарь» (1778)

Флогистонная теория «...наиболее ясна и наиболее согласна с химическими явлениями. Отличаясь от систем, порождённых воображением без согласия с природой и разрушаемых опытом, теория Штала — надёжнейший путеводитель в химических исследованиях.



Многочисленные опыты... не только далеки от того, чтобы её опровергнуть, но, наоборот, становятся доказательствами в её пользу»

ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Salts formed by the combination of the sulphuric acid with different bases.

Vitriol of antimony.

Vitriol of silver.

Vitriol of lime.

Vitriol of arsenic.

Vitriol of iron.

Vitriol of zinc.

Vitriol of bismuth.

Sulphur hydrosulphate.

Sulphate of molybdena.

Sulphate of iron.

Sulphate of nickel.

Sulphate of copper.

Sulphate of gold.

Sulphate of platinum.

Sulphate of lead.

Sulphate of lead.

Sulphate of lead.

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

В конце XVIII века происходит окончательное оформление химии как самостоятельной науки, занимающейся экспериментальным изучением состава тел

Переломный этап в развитии химии – «химическая революция», – начался с создания *кислородной теории горения*

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Нефлогистонные представления о горении зародились даже несколько ранее флогистонной теории!

Жан Рей
(1583-1645)

Предположил (1630), что увеличение массы металла при обжиге обусловлено присоединением воздуха

«...все тела тяжелы»



Роберт Гук
(1635-1703)



«Микрография» (1665)

В воздухе имеется
особое вещество,
подобное веществу, содержащемуся в
связанном состоянии в селитре

Горение – присоединение этого вещества
к телу

*Джон Мейоу
(1645-1679)*



«О селитре и воздушном спирте селитры» (1669)

В воздухе содержится особый газ (*spiritus nitroaëreus*), поддерживающий горение и необходимый для дыхания

Однако выделить этот *spiritus nitroaëreus* в свободном состоянии удалось лишь более чем через сто лет

***Карл Вильгельм Шееле
(1742-1786)***

1771

«Огненный воздух»

Кислая тонкая материя,
соединённая с флогистоном



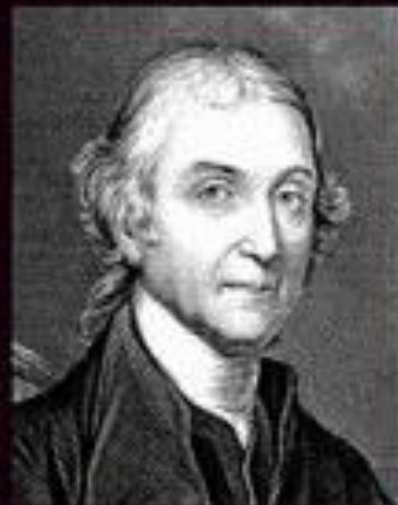
«Химический трактат о воздухе и огне»,
опубликован в 1777 г.

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Джозеф Пристли
(1733-1804)

1774

«Дефлогистированный
воздух»



Абсолютно лишён флогистона, поэтому
особенно хорошо поддерживает горение

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Антуан Лоран Лавуазье
(1743-1794)



1774

«Небольшие работы по
физике и химии»

1775

«О природе вещества, соединяющегося
с металлами при их прокаливании и
увеличивающего их вес»

1777

«О горении вообще»

Основные положения кислородной теории:

- *Тела горят только в «чистом воздухе»*
- *«Чистый воздух» поглощается при горении, и увеличение массы сгоревшего тела равно уменьшению массы воздуха*
- *Металлы при прокаливании превращаются в «земли». Сера или фосфор, соединяясь с «чистым воздухом», превращаются в кислоты*

Термин «кислород» (oxygenium) появился в 1777 г. в работе Лавуазье «Общее рассмотрение природы кислот и принципов их соединения»

Преимущества кислородной теории перед флогистонной:

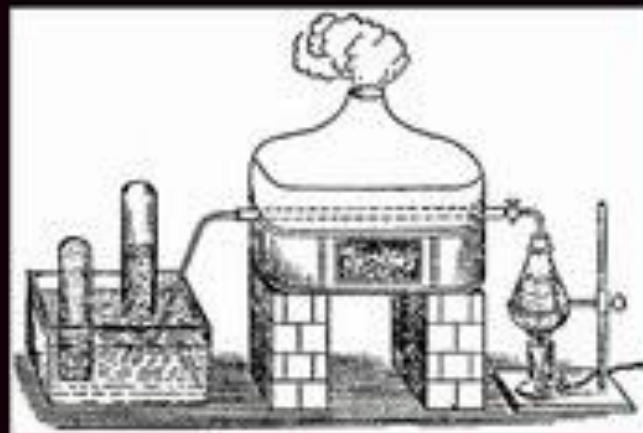
- более проста, чем флогистонная;
- не содержала в себе «противоестественных» предположений о наличии у тел отрицательной массы;
- не основывалась на существовании субстанций, не выделенных экспериментально.

«Различные явления обжигания металлов и горения очень удачно объясняются гипотезой Штала... но приходится допускать существование в горючих телах огненной материи...»

А.Л.Лавуазье, «О горении вообще»

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

В 1775-1777 гг. Лавуазье доказывает сложный состав воздуха, состоящего, по его мнению, из «чистого воздуха» (кислорода) и «удушливого воздуха» (азота)



В 1781 г. Лавуазье (совместно с Ж.Б. Менье) доказывает сложный состав воды, установив, что она состоит из кислорода и «горючего воздуха» (водорода)

В 1785 г. они же синтезируют воду из водорода и кислорода

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Отказ от теории флогистона потребовал пересмотра всех основных принципов и понятий химии, изменения терминологии и номенклатуры веществ

С создания кислородной теории начался переломный этап в развитии химии, названный «химической революцией»

1789 г. – начало
Великой Французской
революции



ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

8 мая 1794 г. Лавуазье казнён по обвинению в участии «в заговоре с врагами Франции против французского народа, имевшем целью похитить у нации огромные суммы, необходимые для войны с деспотами»



*«Республика
не нуждается в учёных»*

Коффиналь, председатель
Революционного трибунала

*«Палачу довольно было мгновения,
чтобы отрубить эту голову, но будет
мало столетия, чтобы дать другую
такую же... »*

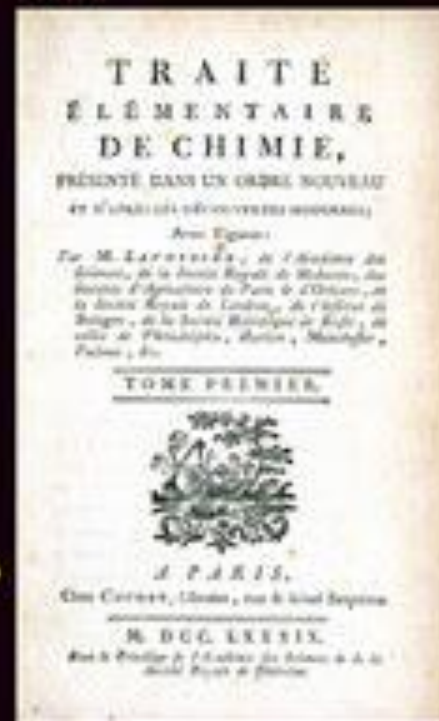
Лагранж



ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ:

- Кислородная теория горения
- Новая химическая номенклатура
- Закон сохранения массы веществ
- Первый список химических элементов

**А. Л. Лавуазье,
«Элементарный курс химии»
1789**



ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

НОВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ НОМЕНКЛАТУРА

1787

**Луи Бернар
Гитон де Морво**
(1737-1816)



**Антуан Лоран
Лавуазье**
(1743-1794)

**Клод Луи
Бертолле**
(1748-1822)



**Антуан Франсуа
де Фуркруа**
(1755-1809)



ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

А. Л. Лавуазье предложил также рациональную классификацию химических соединений

Критерии для классификации:

1. Различия в элементном составе соединений
2. Характер их химических свойств (кислоты, основания, соли, солеобразующие вещества, органические вещества)

Свойства вещества определяются его составом!

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ

1789

Проанализировав результаты собственных исследований количественного состава веществ и соотношения масс реагентов и продуктов реакции, а также результаты подобных исследований других учёных, Лавуазье показал, что во всех случаях масса веществ в ходе химических реакций не изменяется



«Можно принять в качестве принципа, что во всякой операции количество материи одинаково до и после опыта, что качество и количество начал остаются теми же самими.»

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ («ПРОСТЫХ ТЕЛ»)

2. Простые неметаллические вещества, окисляющиеся и дающие кислоты:



The image shows a small, yellowed version of a periodic table of elements. It is organized into columns and rows, with various chemical symbols and names visible, though they are too small to read clearly. The table is titled 'PERIODIC TABLE OF ELEMENTS' at the top.

**СЕРА, ФОСФОР, УГОЛЬ,
РАДИКАЛ МУРИЕВОЙ КИСЛОТЫ (СI),
РАДИКАЛ ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ (F),
РАДИКАЛ БУРОВОЙ КИСЛОТЫ (B)**

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ («ПРОСТЫХ ТЕЛ»)

3. Простые металлические вещества, окисляющиеся и дающие кислоты:

СУРЬМА, СЕРЕБРО, МЫШЬЯК, ВИСМУТ,
ЗОЛОТО, ВОЛЬФРАМ, КОБАЛЬТ, МЕДЬ,
ОЛОВО, ЖЕЛЕЗО, ПЛАТИНА, ЦИНК,
МАРГАНЕЦ, РТУТЬ, МОЛИБДЕН, НИКЕЛЬ,
СВИНЕЦ



ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ («ПРОСТЫХ ТЕЛ»)

4. Простые солеобразующие
землистые вещества:

**ИЗВЕСТЬ, ГЛИНОЗЁМ, МАГНЕЗИЯ,
КРЕМНЕЗЁМ, БАРИТ**

На основании абсолютной инертности земель
к кислороду Лавуазье предположил, что они,
возможно, представляют собой
оксиды неизвестных элементов



ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

«Если мы... свяжем с названием элементов... представление о последнем пределе, достигаемым анализом, то все вещества, которые мы ещё не смогли никаким способом разложить, являются для нас элементами. ...Мы не можем уверять, что считаемое нами сегодня простым является таковым в действительности.»

Критерий истинности для Лавуазье – опыт и только опыт



Категорически отвергал любые неэмпирические рассуждения об атомах и молекулах, само существование которых невозможно подтвердить опытным путём

«Я не считал возможным уклониться от требований строгого закона – не заключать ничего сверх того, что даёт непосредственно опыт и не стараться спешными заключениями восполнять молчание фактов»

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Химической революцией завершается период становления химии как науки

1661 г.

Р. Бойль

«Химик-скептик»



1789 г.

А. Л. Лавуазье

«Элементарный курс химии»

Главные итоги:

- Полная рационализация химии, освобождение от натурфилософских и алхимических взглядов на элементы как на носители свойств;
- Использование экспериментального метода;
- Создание единого подхода к изучению химических явлений (учение о составе);