

«Химическая революция» XVIII века

Метод Лавуазье

Кислородная теория горения

Переосмысление понятия элемент

Метод Лавуазье

Глобальные изменения во взглядах на химические явления, которые стали результатом работ французского ученого А.Л. Лавуазье, традиционно называют *химической революцией*.

Итоги химической революции

1. Замена теории флогистона кислородной концепцией горения;
2. Пересмотр принятой системы составов химических веществ;
3. Переосмысление концепции химического элемента;
4. Формирование представлений о зависимости свойств веществ от их качественного и количественного состава.



Антуан Лоран Лавуазье

1743-1794

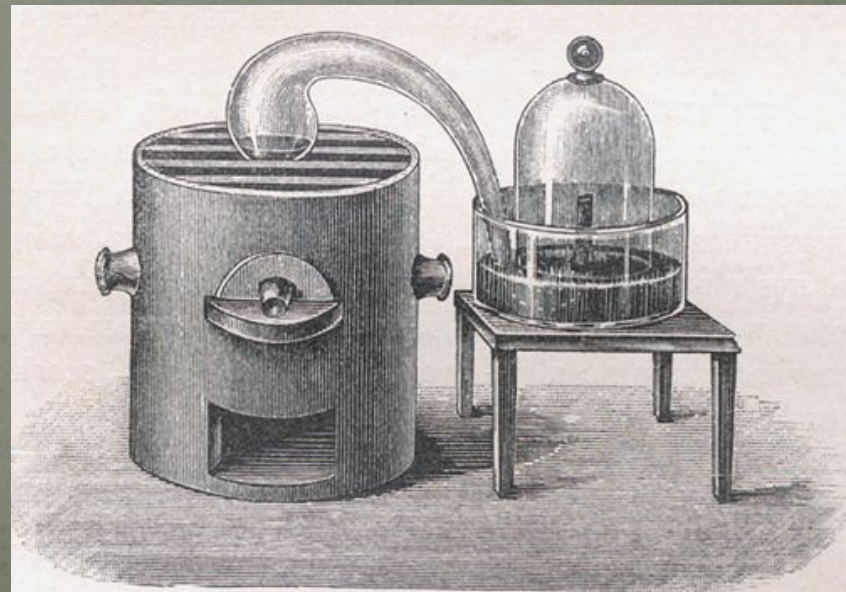
В основу своих исследований А. Лавуазье положил физико-химический подход, который отличался последовательным применением экспериментальных методов и теоретических представлений физики того времени. Центральную роль среди теоретических воззрений физики в то время играло учение И. Ньютона о силе тяготения. Мера этого тяготения – вес тела, согласно положению И. Ньютона о пропорциональности веса массе, может быть определён физическими методами (взвешиванием). Следствием этих взглядов стало восприятие веса как наиболее существенного свойства материальных частиц.

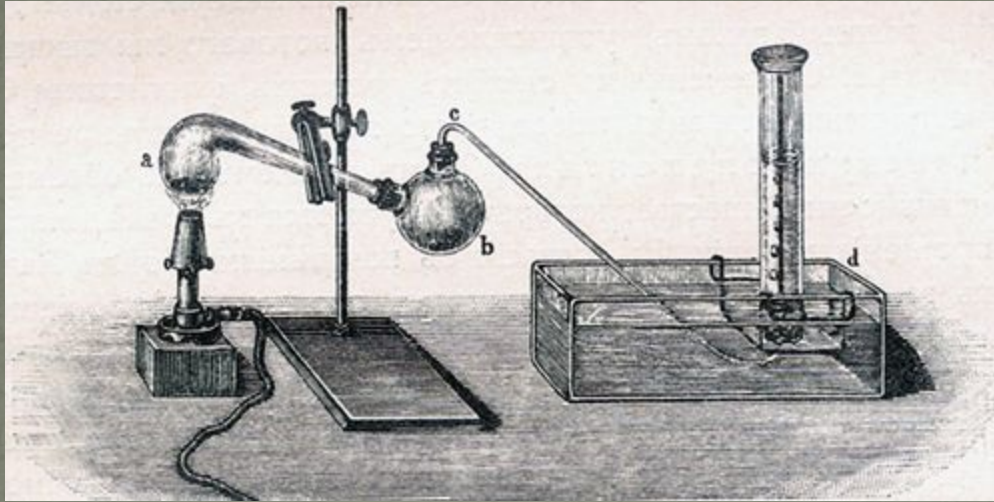


А. Лавуазье начал систематически использовать точное взвешивание для определения количеств веществ в химических реакциях. В отличие от многих своих предшественников, А. Лавуазье взвешивал все участвующие в химическом процессе вещества (в том числе и газообразные), основываясь на общем положении о сохранении суммарного веса взаимодействующих веществ. То есть, его количественный метод базировался на аксиоме сохранения материи – фундаментальном положении классического естествознания, которое высказывалось ещё в древности. А. Лавуазье определял не только вес, но и другие физические характеристики исходных веществ и продуктов реакции (плотность, температуру и т. п.). Измерение количественных параметров в перспективе давало возможность выяснить детальный механизм химических превращений, уже изученных с качественной стороны.

Взвешенное количество ртути он поместил в реторту, длинная прогнутая шейка которой сообщалась с колоколом, опрокинутым над жидкой ртутью. Перед опытом был измерен не только объем воздуха над ртутью в реторте и колоколе, но и определен вес всего аппарата. Реторта затем нагревалась в течение 12 дней почти до температуры кипения ртути. Постепенно поверхность ртути в реторте покрывалась чешуйками красного цвета. Когда количество этих чешуек (оксида ртути) перестало увеличиваться, опыт был прекращен. После охлаждения прибора был произведен точный учет количества образовавшихся продуктов. При этом было обнаружено, что:

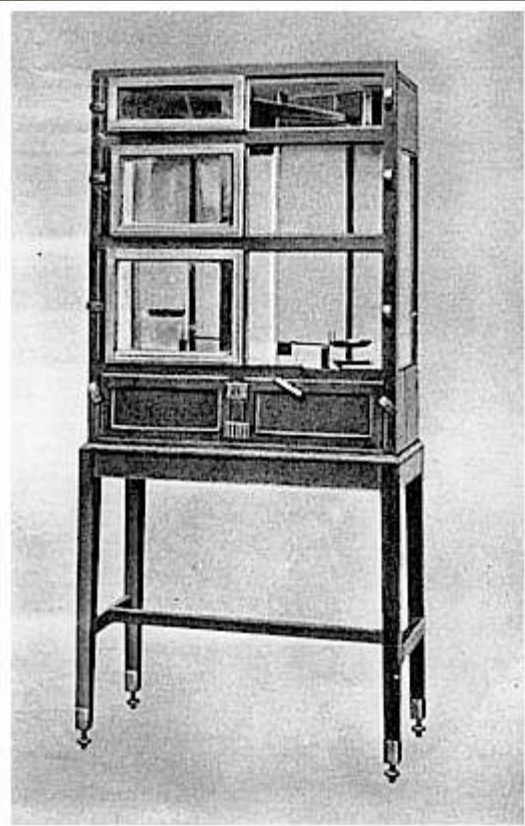
- общий вес всего прибора не изменился,
- объем воздуха сократился,
- вес взятого воздуха уменьшился как раз настолько, насколько увеличился вес ртути (благодаря образованию оксида).





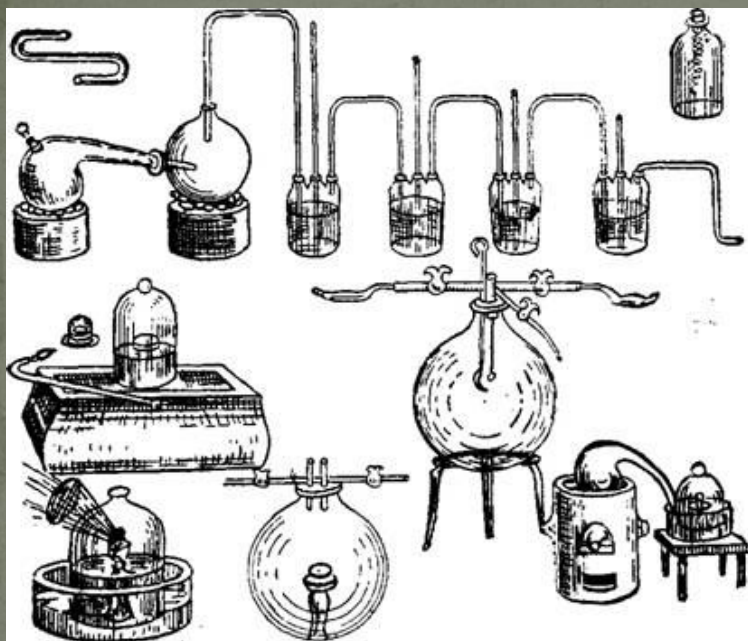
Получение кислорода из оксида ртути (реторта a) методом Пристли. В шарообразном сосуде b скапливается ртуть, а кислород по газоотводной трубке с переходит в цилиндр d, где собирается над жидкой ртутью.

Для полноты картины следовало только собрать образовавшийся оксид ртути, разложить его в соответствии с методом Пристли, и измерить количество полученного кислорода. Как и следовало ожидать, воспроизведение подобного опыта дало Лавуазье **то самое** (в пределах возможной ошибки) количество кислорода, которое было поглощено из воздуха ртутью.



Весы, которыми пользовался для своих опытов Антуан Лавуазье (конец XVIII века).

Тарелочку с фосфором А. Лавуазье положил на плавающую в воде пробковую подставку, раскаленной проволокой поджег фосфор и быстро накрыл его стеклянным колоколом. Густой белый дым заполнил пространство внутри. Вскоре фосфор погас, а вода стала подниматься и заполнять колокол. Через некоторое время подъем воды прекратился. — Кажется, я взял мало фосфора. Весь воздух не смог с ним соединиться. Надо повторить опыт. Но второй опыт с удвоенным количеством фосфора дал аналогичный результат: вода поднялась до того же уровня. Даже проведенный в десятый раз опыт показал прежний результат. — Фосфор соединяется лишь с одной пятой частью воздуха. Неужели воздух — сложная смесь?



Приборы, применявшиеся
Лавуазье

Лавуазье изучил и горение серы.

При горении она тоже соединялась лишь с одной пятой частью воздуха.

После этого ученый стал исследовать

обжигание металлов.

При продолжительном прокаливании металлы превращались в металлическую золу, но смешанная с углем и прогретая при высокой температуре зола снова превращалась в металл. В результате этого процесса, однако, выделялся газ, который химики называли «связывающимся воздухом» (углекислый газ). Лавуазье хорошо понимал, что горение связано с газами, но все еще не мог сделать окончательный вывод. Так возникла необходимость изучать газы. Что представляет собой «связывающийся воздух»? Содержится ли он в известняке? Как он получается, когда известняк нагревают и превращают в негашеную известь?



Металлическая
ртуть и оксид ртути
(II)



Металлическая
медь и оксид меди
(II)

Всегда ли при горении поглощается воздух? Если это так, какое вещество в таком случае более сложное — металл или металлическая зола?

А. Лавуазье было ясно, что воздух состоит из двух частей — одна из них поддерживает горение (она соединяется с металлами при прокаливании), другая - не поддерживает горения и в ней погибают живые организмы. При сгорании тела поглощают эту активную часть воздуха, названную им «хорошим воздухом». Это объясняет и тот факт, что полученный продукт тяжелее исходного.

Ученый пришел к выводу о том, что горение представляет собой процесс не **разложения**, а **соединения** с частью воздуха. Причем эта часть воздуха играет не механическую функцию растворителя флогистона, а **участвует в химизме** процесса горения, давая начало новым соединениям.



*Наблюдение за
разложением
оксида ртути в реторте*

В начале 1775 года А. Лавуазье стал директором Управления порохов и селитр.

В связи с этим, он занялся исследованием материалов, применяемых для изготовления пороха. Лавуазье доказал, что селитра и азотная кислота содержат «хороший воздух»; сера и фосфор при сгорании соединяются с этим видом воздуха, а полученные вещества обладают свойствами кислот.

— Быть может, все кислоты содержат этот газ? — не раз задавался он вопросом. Лавуазье назвал новый газ **кислородом**.



Основные положения кислородной теории горения были сформулированы в 1777 году.

1. Согласно этой теории, горение может происходить только в присутствии кислорода, при этом происходит выделение света и огня.
2. Вес сгоревшего вещества увеличивается точно на количество поглощенного воздуха.
3. При горении металлов в результате соединения с кислородом образуются **металлические извести**.
4. При обжиге неметаллических веществ – **кислоты** (так назывались в тот период ангидриды кислот).

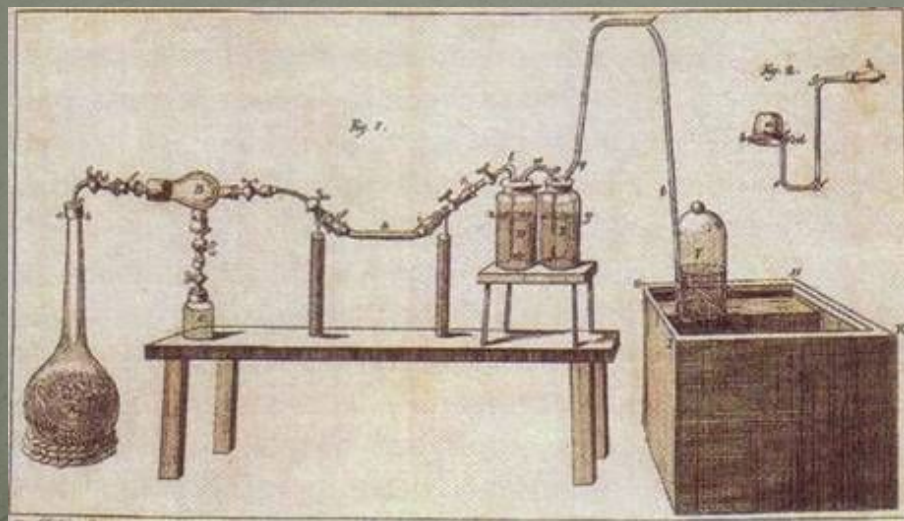
Установление состава углекислого

газа

А. Лавуазье продемонстрировал, что углекислый газ образуется при горении угля, а также выделяется при сжигании многих природных (органических) тел.

Это дало А. Лавуазье возможность предложить удобный метод определения качественного и количественного состава органических веществ.

Определение состава углекислого газа дало А. Лавуазье наметить правильное понимание химизма дыхания (поглощение кислорода и выделение углекислого газа), близкая аналогия которого с процессами горения была уже отмечена неоднократно (работы Дж. Мэйюу, Г. Бургаве, Дж. Пристли и др.)



Химический прибор для опытов с газами.

Из книги А. Л. Лавуазье «Основы антифлогистонной химии».

Издание 1792 г.



Красный железняк
(гематит) Fe_2O_3

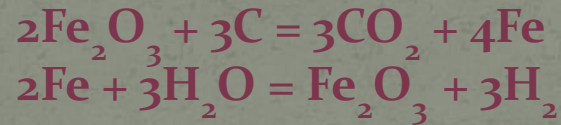


уголь

Изучение способов образования и свойств углекислого газа позволило А. Лавуазье расширить кислородную теорию горения и дать объяснение многим химическим процессам с точки зрения окисления-восстановления веществ.

То есть от изучения процессов горения ученый перешел к исследованию реакций окисления вообще.

Например, А. Лавуазье изучал реакции:



Установление состава воды

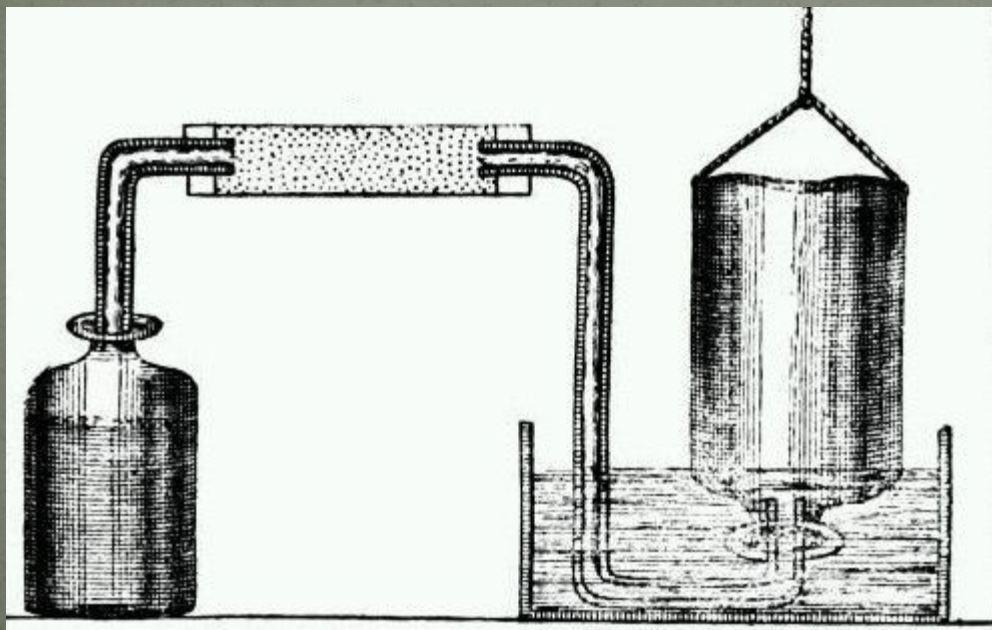
И все же на один вопрос он не находил ответа; это касалось горения «воспламеняемого воздуха», который получался при растворении металлов в кислоте и легко сгорал. Согласно новой теории, продукты должны быть более тяжелыми, по Лавуазье не удавалось уловить их полностью, и всегда вес получался меньше. Здесь существовала и другая трудность. Согласно теории кислот, «воспламеняемый воздух» (водород) после соединения с кислородом должен был: образовывать кислоту, а получить ее не удавалось.



Лавуазье решил обсудить эту сложную проблему с прибывшим из Англии физиком и химиком Чарлзом Блэгденом, которому он подробно рассказал о своих неудачных опытах.

— Мой друг Генри Кавендиш доказал, что если смешать, обычный воздух с «воспламеняемым воздухом» в замкнутом, сосуде и поджечь смесь, то на стенках сосуда образуются мелкие капли — продукт сгорания «воспламеняемого воздуха». Кавендиш установил, что это капли воды.

— Поразительное открытие. Значит, и **вода — не элемент, а сложное вещество**. Мне бы хотелось тут же повторить эти опыты и самому во всем убедиться.



Прибор Г. Кавендиша для
получения и собирания
водорода



(во время проведения эксперимента по определению состава воды путем поджигания смеси водорода и кислорода электрической искрой)

Эксперимент по синтезу воды из горючего воздуха и кислорода А. Лавуазье провел после аналогичных опытов Г. Кавендиша и Дж. Уатта (одновременно с А. Лавуазье подобные опыты провел Г. Монж), но в отличие от этих ученых, А. Лавуазье интерпретировал этот синтез с позиций кислородной теории, показав, что «горючий воздух» (которому он предложил дать название «водород») и кислород являются элементами, а вода – их соединением.

В результате проведенных экспериментов, А. Лавуазье пришел к выводу о том, что **закон сохранения веса веществ является всеобщим законом.**

Теория окисления также имеет общий характер, и нет никаких исключений.

Вода, кислоты, оксиды металлов – **сложные вещества**, а металлы, сера и фосфор – **простые.**

Это полностью перевернуло взгляды на всю систему составов химических соединений.

Флогистона не существует, а воздух представляет собой смесь газов.

Эти мысли А. Лавуазье высказал перед академиками, которым демонстрировал свои опыты. Однако большинство из них не желало признавать работ Лавуазье, его обвиняли в том, что он заимствовал свои идеи из исследований Пристли и Кавендиша. Академики не раз заявляли, что им известны подобные опыты по разложению воды, имея в виду Гаспара Монжа. Приоритет Лавуазье не признавался.

Вместо того чтобы объединить свои усилия в исследованиях, ученые спорили о том, кто открыл данное явление.

Не найдя поддержки в ученом мире, Лавуазье все же продолжал свои работы. Теперь он сотрудничал с известным физиком и математиком Пьером Симоном Лапласом.

Им удалось сконструировать специальный аппарат, с помощью которого можно было измерять тепло, выделенное в результате сгорания веществ. Это был так называемый ледяной калориметр. Исследователи провели также подробное изучение тепла, которое выделяют живые организмы. Измерив количество выдыхаемого углекислого газа и выделенное организмом тепло, они доказали, что пища «сгорает» в организме особым способом. Тепло, выделяемое в результате этого сгорания, служит для поддержания нормальной температуры тела.



Ледяной калориметр Лавуазье — Лапласа позволил ещё в XVIII веке измерить теплоёмкости многих твёрдых тел и жидкостей, а также теплоты сгорания разных топлив и теплоты, выделяемые живыми организмами. Например, теплота, отдаваемая животным (или другим объектом) во внутренней камере, расходовалась на плавление льда во внутренней «ледяной рубашке». Внешняя служила для того, чтобы поддерживать температуру внутренней части постоянной. Выделенную теплоту измеряли, взвешивая талую воду, стекавшую в сосуд.



Лаплас Пьер-Симон
1749 —1827 французский
математик, механик,
физик и астроном

Лаплас убедился в правоте взглядов Лавуазье и первым принял его теорию. В 1785 году в поддержку теории Лавуазье выступил и ставший в то время очень известным Клод Луи Бертолле. Несколько позже Лавуазье поддержали и самые видные тогда химики Антуан Фуркруа и Гитон де Морво.



Фуркруа Антуан-Франсуа
(1755-1809)
французский химик и
политический деятель

Переосмысление понятия

«ЭЛЕМЕНТ»

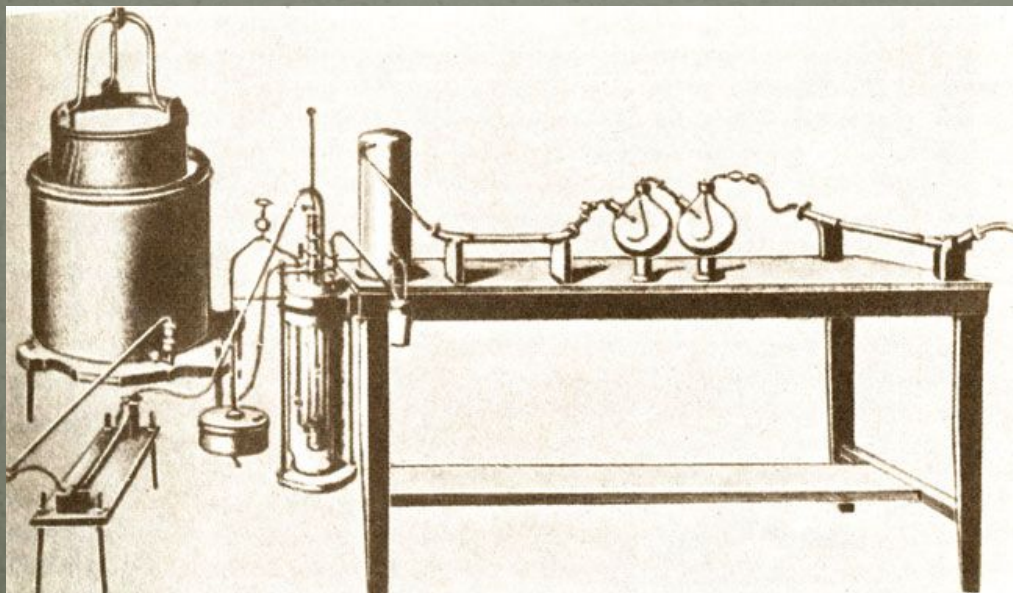
В методологическом плане важным результатом переворота в химии, произведенного работами А.Л. Лавуазье, было изменение содержания понятия *«химический элемент»*.

Элементы стали рассматриваться не как предсуществующие в объекте продукты его разложения, а как последний предел, до которого вещества могут быть разложены в принципе. Элементы стали мыслиться как материальные, определяемые аналитическим путем фрагменты состава, неразложимые на качественно новые образования и сохраняющиеся в процессе любых химических превращений сложных тел, которые они составляют.

Благодаря использованию весового метода анализа, в работах А. Лавуазье были сформированы представления об **ограниченном множестве** элементов и их **качественной разнородности**. Отсюда вытекал подход к объяснению многообразия химических веществ, как следствия разнообразного **качественного** и **количественного элементного состава**.

При этом полагалось, что каждое **качественно** определённое вещество имеет всегда точно определённый и свойственный только ему **количественный** состав.

Соединения с переменным составом (бертоллиды) и явление изомерии в тот период не были известны.



Прибор А. Лавуазье для
элементного анализа органических
веществ

Проблема кислотности

В XVIII веке ученые химики проявляли интерес к проблеме кислотности не меньший, чем к проблеме горения, поскольку обе эти проблемы соответствовали двум основным направлениям аналитических исследований того времени (разложения «сухим путем» – с помощью огня, и «мокрым путем» – с помощью кислот).

До публикации работ А. Лавуазье считалось, что все кислоты содержат в своём составе некую единую первичную кислоту, придающую всему соединению качество кислотности. А. Лавуазье на основании опытов по разложению серной, фосфорной и азотной кислот (в современных представлениях – SO_3 , P_2O_5 , N_2O_5) связал свойство кислотности с наличием в этих соединениях кислорода (отсюда и название кислорода – oxigenium – рождающий кислоту, кислый принцип). Кислоты, по мнению, А. Лавуазье отличаются друг от друга, связанным с кислородом, кислотным радикалом.

Кислород считался необходимым элементом кислот, и, некоторое время, даже muriatica (соляная) кислота представлялась как соединение muriatic radicala с кислородом, а хлор считался окислом muriatic radicala.

Первая классификация химических элементов и новая номенклатура



Гитон Де Морво Луи Бернар
(1737- 1816)

Французский химик и
политический деятель

Гитон де Морво впервые встретился с Лавуазье вовсе не по поводу теории горения:

— Не знаю, насколько вас это интересует, но в названиях химических соединений — полнейший хаос.

— Я вполне согласен с вами.

— В данный момент готовится к печати химический раздел -«Методической энциклопедии». И так как, используя существующие до сих пор названия, невозможно дать исчерпывающие ответы на все вопросы, я приступил к составлению новой номенклатуры химических соединений. Конечно, я нуждаюсь в помощи ведущих химиков.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	NOMS NOUVEAUX.	NOMS ANCIENS CORRESPONDANTS.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes, et qu'on peut regarder comme les éléments des corps.	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné.
	Carbonique.....	Fes. Matière du feu et de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal.
	Oxygène.....	Air vital. Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué.
	Azote.....	Mofette. Base de la mofette. Gaz inflammable.
	Hydrogène.....	Base du gaz inflammable.
	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carboné.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.....	Inconnu.
	Radical fluorique.....	Inconnu.
Radical boracique.....	Inconnu.	
Substances simples, non métalliques, oxydables et acidifiables.	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Étain.....	Étain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
Substances simples, métalliques, oxydables et acidifiables.	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base de sel d'Epsom.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
Substances simples, salifiables, terreuses.	Alumine.....	Argile, terre de Falun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

— На основании теории горения и роли кислорода в этом процессе я могу сделать некоторые предположения.

Возьмем металлическую золу — соединение металла с кислородом. Назовем соединение элементов с кислородом окислами. Тогда цинковая зола будет окисью цинка, железная зола — окисью железа и так далее.

А что такое «связывающийся воздух»? Я уже доказал, что это соединение углерода с кислородом. Следовательно, его надо было бы назвать окисью углерода.

В 1787 году Гитон де Морво опубликовал «Метод химической номенклатуры», в создании которого приняли участие Лавуазье, Фуркруа и Бертолле.

Таблица простых тел Лавуазье



А.Л. Лавуазье

Преобразование химического языка явилось следствием глобальных изменений в химии и имело целью дать каждому веществу такое название, которое характеризовало бы его состав и химические свойства (до этого момента одно вещество могло иметь много названий, которые часто давались случайно).

В новой номенклатуре каждое вещество рассматривалось с точки зрения его общих (например, кислота) и конкретных свойств (например, серная, азотная, фосфорная кислота). Конкретные свойства определялись на основе данных об элементном составе.

Номенклатура существенно облегчала обмен химической информацией, её основные принципы в общем виде сохранились до сих пор.



Лавуазье работал в то время над одним из своих самых великих творений — учебником химии, необходимость составления которого давно назрела. Нужно было по-новому объяснить явления в природе, ясно изложить основы современных теорий. Новые достижения химии не были отражены в старых учебниках Кристофля Глазера и Николя Лемери.

К концу 1788 года учебник был готов. Большая заслуга в подготовке рукописи принадлежала госпоже Лавуазье, художественно оформившей третью часть учебника.

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE,
PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, de l'Académie des
Sciences, de la Société Royale de Médecine, des
Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de
la Société Royale de Londres, de l'Institut de
Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de
celles de Philadelphie, Harlem, Manchester,
Padoue, &c.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente

M. DCC. LXXXIX.

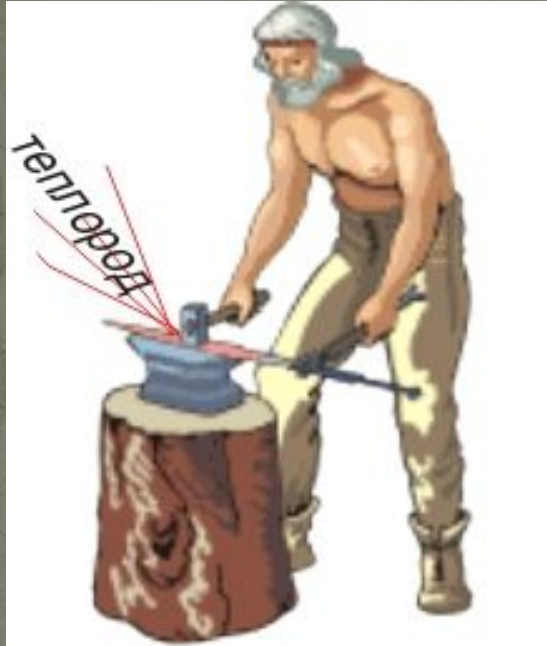
Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la
Société Royale de Médecine.

Титульный лист учебника
А. Лавуазье

Первая часть учебника А. Лавуазье содержала изложение кислородной теории горения, описание экспериментов по образованию и разложению газов, сгоранию простых веществ, образованию кислот, описанию состава атмосферы и воды, новую номенклатуру.

Во второй части была приведена «Таблица простых тел», которая представляла собой практически первую классификацию химических элементов (всего было представлено 33 элемента). Таблица содержала как реальные элементы, так и некоторые соединения (например, оксиды щелочных металлов), которые в тот период не могли быть разложены (но, как отмечал А. Лавуазье, могут быть разложены впоследствии).

В таблице в качестве элементов фигурируют два начала – теплород и светород, которые не имеют веса, но их появление постоянно связано с химическими процессами.



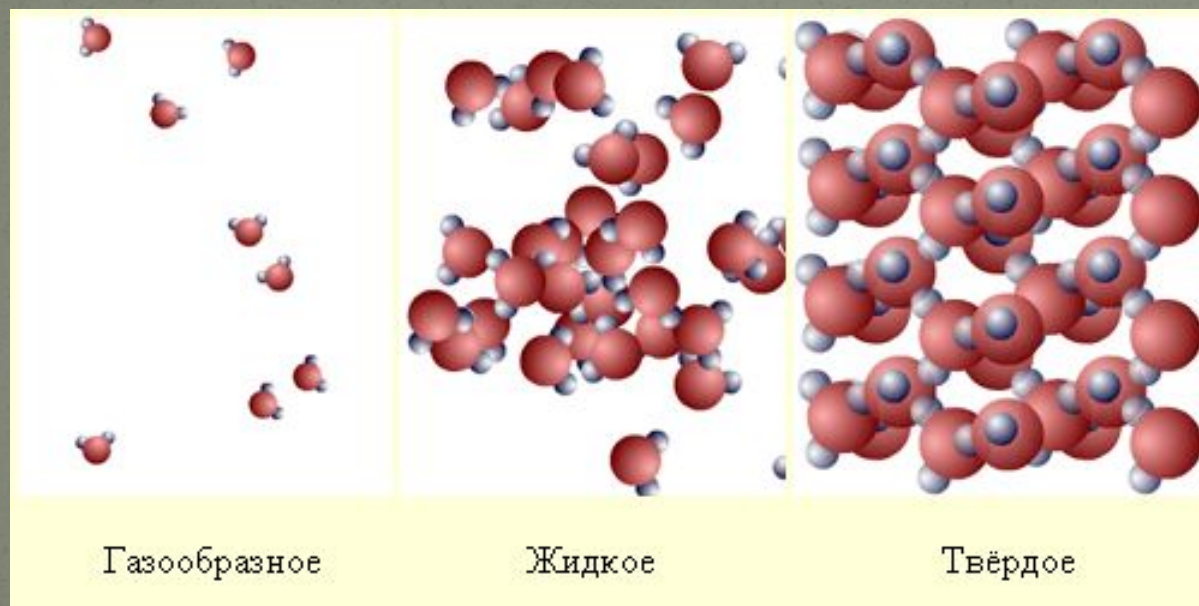
Отнесение тепла и света к элементам явилось следствием распространения в физике того времени теории теплорода.

В этой теории теплота рассматривалась как род атмосферы, которая окружает частицы всех тел и является причиной отталкивания частиц друг от друга.

Явление поглощения теплоты в химических реакциях, а также при переходе веществ из твёрдого в жидкое и из жидкого в газообразное состояние Лавуазье был склонен объяснять как результат соединения теплорода с веществом.

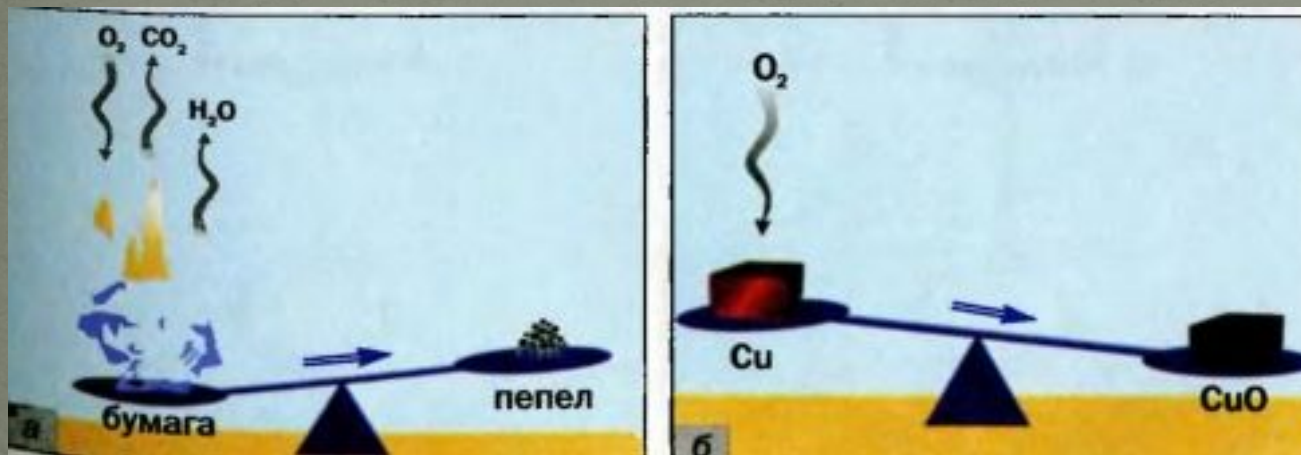
Он считал, что твердое, жидкое и газообразное состояние вещества зависит от количества заключенного в нём тепла, в отличие от более ранних представлений об абсолютно несгущаемых в жидкости газах, «неиспаряемых» жидкостях, постоянных твердых телах.

Лавуазье писал, что в твердом состоянии силы притяжения между частицами, составляющими тела, превосходят силы отталкивания, в жидком – они выравниваются, а в газообразном – под воздействием теплорода силы отталкивания преобладают над силами притяжения. Представление о способности всех материальных макросубстанций существовать в различных агрегатных состояниях стало ещё одним важным аспектом химической революции.



Основа для составления химических уравнений

Экспериментальное обоснование **закона сохранения элементов** в химических реакциях и **закона сохранения массы веществ** позволило А. Лавуазье ввести составление **химических уравнений**, т.е. материальных балансов химических превращений. А. Лавуазье писал: «Необходимо предполагать существование равенства или уравнения между началами (элементами) исследуемых тел и получаемыми из последних посредством анализа».



Реакции бумаги (а) и меди (б) с кислородом



Михаил Васильевич Ломоносов
1711-1765

Нельзя не отметить, что задолго до работ А. Лавуазье оригинальные взгляды на строение вещества высказал русский ученый **М.В. Ломоносов**.

В книге «Элементы математической химии» он писал, что все тела состоят из корпускул, которые в свою очередь содержат известное число элементов. Корпускулы однородны, если они состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, связанных между собой одним и тем же способом. Корпускулы разнородны, если их элементы неодинаковы и связаны между собой различным способом или в различном числе. От этого зависит и бесконечное разнообразие тел.



Тела бывают простыми, когда они составлены из однородных корпускул, и смешанными, если состоят из нескольких разнородных корпускул. Свойства тел не случайны, они зависят от свойств составляющих их корпускул. Рассмотрим первое — тепло. Что представляет оно собой? Невесомая жидкость, которая может переливаться из одного тела в другое? Нет. Еще Галилей считал, что корпускулы находятся в движении. По-моему, это первое и основное свойство корпускул. Но движение создает тепло. Каждый знает, что при вращении колеса его ось нагревается. Корпускулы тела движутся, вращаются вокруг собственной оси, трутся между собой и создают тепло...

В письме Эйлеру Михаил Васильевич изложил свои взгляды на превращения в природе: «Все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю у бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому...» — мысли, которых никто до Ломоносова не высказывал.



Почему Бойль открывал сосуды после нагревания? В таком, случае могло что-то улетучиться из сосудов и мог измениться, их вес. Надо повторить опыты, но все наблюдения и измерения вести в закрытом сосуде. В нем же есть воздух. Ломоносов подготовил специальный сосуд, насыпал в него свинцовые опилки, затем мехами раздул огонь и нагревал горло сосуда до тех пор, пока стекло не размягчилось. С помощью зажима он запаял стекло и тут же поместил сосуд на огонь. Теперь он был полностью уверен в том, что в сосуд, ничего не попадет и ничего из него не улетучится. Мехи раздулись в последний раз, и вот уже синие язычки пламени исчезли в раскаленной горке угля. Ломоносов осторожно поставил сосуд, на стол и принялся готовить следующий. Опыт надо было повторить много раз, прокаливая не только свинец, но и другие металлы: железо, медь...





Ломоносов взвесил остывшие сосуды, установил их на угли, в большой печи и стал раздувать огонь. Сначала мехи работали медленно, но постепенно струя воздуха усиливалась, а с ней появились синеватые язычки пламени. Стенки сосуда покраснели, и свинцовые опилки расплавились. Сверкающие серебристо-белые капли быстро покрылись серовато-желтым налетом. Красные опилки меди превратились в черно-коричневый порошок. Железные опилки почернели.

Интересно, вошел ли «теплород» в сосуды? Соединился ли он с металлами? Если да, то вес сосуда должен увеличиться. Но весы показали, что вес всех сосудов оставался неизменным!



Визит Екатерины II в лабораторию Ломоносова

А что же с золой металлов? Надо сравнить ее вес с весом металла. На следующий день исследователь повторил опыты.

Он взвесил металлические опилки до запаивания сосуда. После прокаливания он снова взвесил сосуды, потом открыл их и взвесил полученную металлическую золу. Зола была тяжелее ранее взятого металла!

— Эти опыты опровергают мнение Роберта Бойля. Металлы не соединяются с «теплородом»: ведь вес сосуда не изменяется. Это бесспорно. И все же зола тяжелее. — Ломоносов снова задумался. Однако в сосуде было некоторое количество воздуха... Быть может, металлы соединяются с корпускулами воздуха? Раз металлическая зола в сосуде стала тяжелее, значит, воздух, находившийся в сосуде, уменьшился в весе на столько же. Без поступления внешнего воздуха вес металла останется неизменным!

СЛОВО
О
ПОЛЬЗѢ ХИМІИ,
въ публичномъ собраніи
императорской академіи наукъ
сентября 6 дня 1751 года
ГОВОРЕННОЕ
МИХАЙЛОМЪ ЛОМОНОСОВЫМЪ.

Живший в эпоху, когда химия только зарождалась как наука, Ломоносов смог наперекор неверным представлениям флогистонной теории дойти до таких обобщений, которые и сегодня лежат в основе физической и химической науки. Он первый сформулировал закон сохранения вещества и энергии, первый указал путь, по которому пошли многие ученые.