

# Основные законы химии



# Законы химии

Закон – это необходимое, существенное, повторяющееся отношение между явлениями.

## Фундаментальные

(характерны для всех естественных наук)

Закон сохранения заряда

Закон сохранения материи

Закон периодичности развития

Закон сохранения массы

Закон эквивалентов

Закон постоянства состава

Закон объемных отношений

Закон кратных отношений

Закон Авогадро

Газовые законы

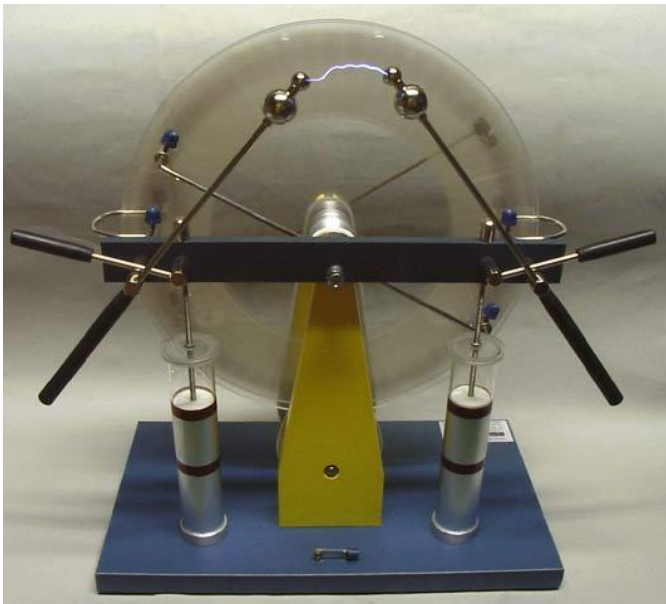
Бойля-Мариотта

Гей-Люссака

Шарля

## Частные (законы стехиометрии)

(устанавливают отношения между атомами в молекулах и химических реакциях)



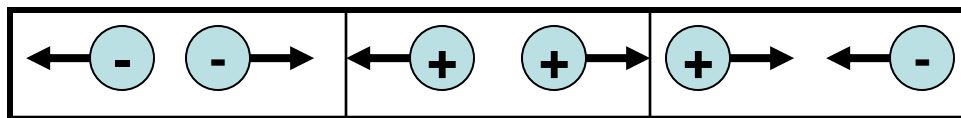
# Закон сохранения заряда

В изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов всех тел остается постоянной.

Электрический заряд не создается и не исчезает, а только переходит от одного тела к другому.

Электрический заряд - физическая величина, характеризующая способность тел или частиц вступать в электромагнитные взаимодействия.

Электрические заряды делятся на положительные и отрицательные. Носителями электрического заряда являются элементарные частицы.



# Закон сохранения заряда



Бенджамин Франклин  
(1705-1790)

американский политический деятель, дипломат, изобретатель, писатель, журналист, издатель

**1747 г.** - открыт

один из фундаментальных законов природы - закон сохранения электрического заряда

В изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов всех тел остается постоянной.

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

До взаимодействия

После взаимодействия

При любых взаимодействиях тел их полный электрический заряд остаётся неизменным



# Закон сохранения материи

Материя не исчезает и не возникает, она лишь переходит из одной формы в другую.

Ломоносов  
Михаил Васильевич  
(1711-1765)

ученый-энциклопедист,  
физик и астроном,  
историк и филолог,  
выдающийся химик

*«Не 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».*

**1748 г.** -

впервые сформулировал  
«всеобщий естественный закон»

- закон сохранения материи

М.В. Ломоносов  
16 июля 1748 г.



# Закон периодичности развития

Мир находится в постоянном изменении, движении и развитии. Развитие происходит в строго определенной последовательности и находится во временной зависимости.

«Человек есть модель мира»  
Леонардо да Винчи



Процесс развития рассматривается как движение от низшего к высшему, от простого к сложному, как качественное изменение, скачкообразный процесс, предполагающий коренные качественные перевороты.

Причем, это движение совершается не по замкнутому кругу и не по прямой линии, а по спирали, свободно вычерченной от руки. Каждый виток этой спирали глубже, богаче, разностороннее предыдущего, она расширяется кверху.









# Закон сохранения массы

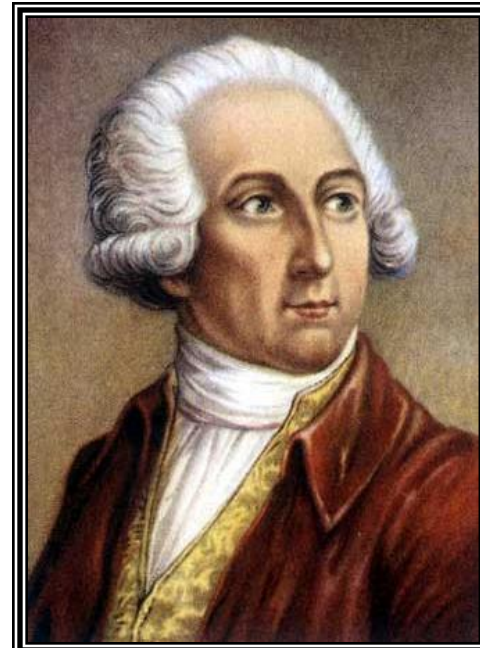
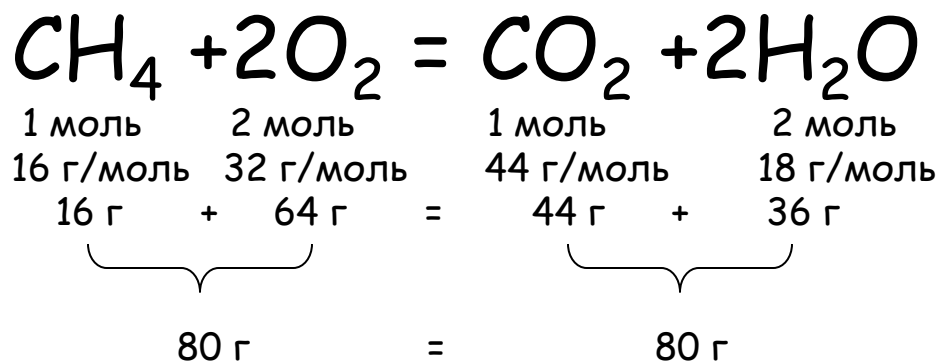
Масса веществ вступивших в реакцию, равна массе веществ образовавшихся в результате реакции.



Ломоносов  
Михаил Васильевич  
(1711-1765)  
Русский ученый

1748 г. - впервые  
сформулировал закон  
1756 г. -

экспериментально  
подтвердил закон при  
изучении протекания  
химических реакций,  
взвешивая исходные  
вещества и продукты реакции,  
на примере обжигания  
металлов в запаянных сосудах.



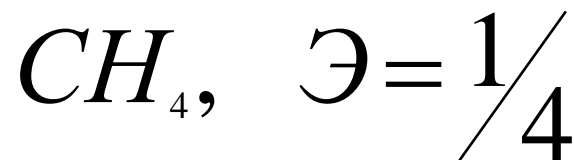
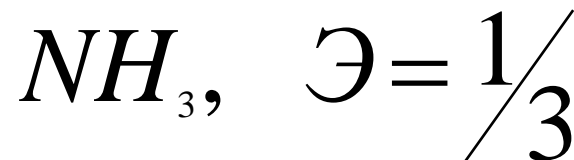
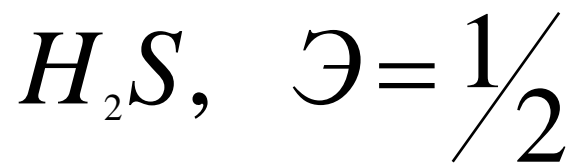
Лавуазье  
Антуан Лоран  
(1743-1794)  
Французский химик

1789 г. -  
независимо  
установил закон и показал,  
что при химических  
реакциях сохраняется не  
только общая масса  
веществ, но и масса каждого  
из элементов, входящих  
в состав взаимодействующих  
веществ.

# Эквивалент

Эквивалент - это условная или реальная частица, соответствующая одному атому или иону водорода в реакциях обмена или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Эквивалент элемента - это такое его количество, которое соединяется с 1 молем атомов водорода или замещает то же количество атомов водорода в химических реакциях.



# Фактор эквивалентности

Фактор эквивалентности - это число, показывающее, какая доля реальной частицы соответствует одному атому водорода или одному электрону.

$f$   
ЭКВ.

## Фактор эквивалентности элемента

$$f_{\text{экв.}}(\text{элемента}) = \frac{1}{\text{валентность элемента}}$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{Na}) = \frac{1}{1} = 1$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{Cu(II)}) = \frac{1}{2}$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{Fe(III)}) = \frac{1}{3}$$



## Фактор эквивалентности кислоты

$$f_{\text{экв.}}(\text{кислоты}) = \frac{1}{\text{число атомов водорода}}$$

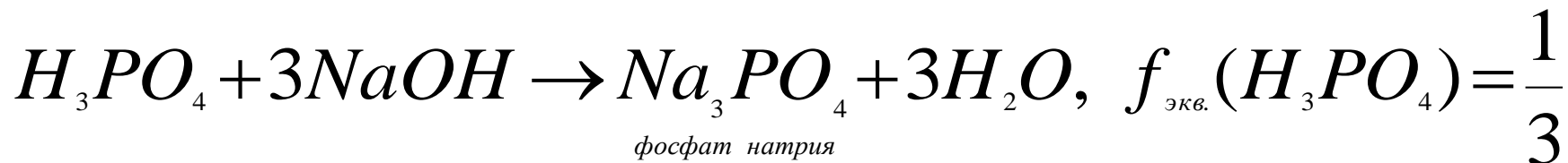
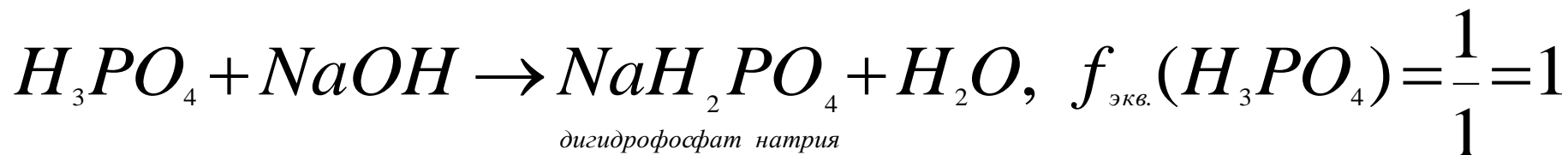
$$f_{\text{экв.}}(\text{HCl}) = \frac{1}{1} = 1$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2}$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3}$$

# Фактор эквивалентности кислоты (по уравнению реакции)

$$f_{\text{экв.}}(\text{кислоты}) = \frac{1}{\text{число замещенных атомов водорода}}$$



## Фактор эквивалентности основания

$$f_{\text{экв.}}(\text{основания}) = \frac{1}{\text{число гидроксид-ионов}}$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{NaOH}) = \frac{1}{1} = 1$$

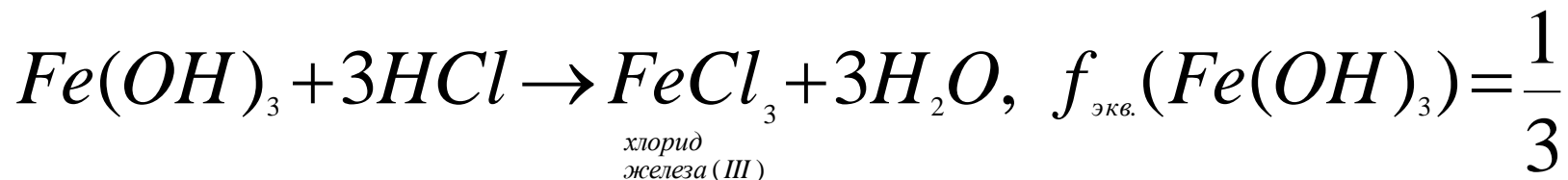
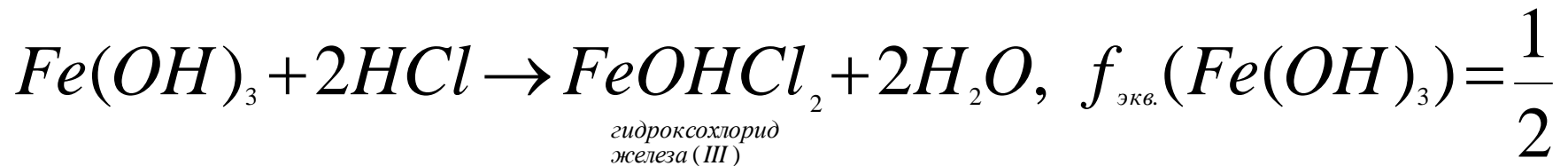
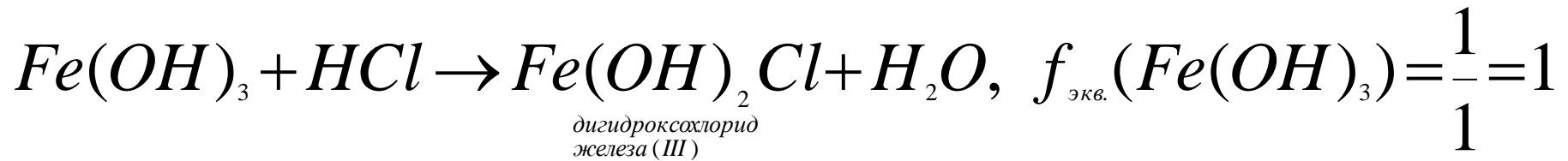
$$f_{\text{экв.}}(\text{Cu(OH)}_2) = \frac{1}{2}$$

$$f_{\text{экв.}}(\text{Al(OH)}_3) = \frac{1}{3}$$



# Фактор эквивалентности основания (по уравнению реакции)

$$f_{\text{экв.}}(\text{основания}) = \frac{1}{\text{число замещенных гидроксид-ионов}}$$



# Фактор эквивалентности средней соли

$$f_{\text{экв.}}(\text{средней соли}) = \frac{1}{\text{число атомов} \cdot \text{валентность}}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{I}}{\text{Na}}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{2 \cdot 1} = \frac{1}{2}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{III}}{\text{Al}}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{1}{2 \cdot 3} = \frac{1}{6}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{I}}{\text{Na}}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3 \cdot 1} = \frac{1}{3}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{II}}{\text{Cu}}\text{SO}_4) = \frac{1}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2}$$

# Фактор эквивалентности оксидов

$$f_{\text{экв.}}(\text{оксидов}) = \frac{1}{\text{число атомов} \cdot \text{валентность}}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{I}}{K}_2O) = \frac{1}{2 \cdot 1} = \frac{1}{2}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{III}}{Fe}_2O_3) = \frac{1}{2 \cdot 3} = \frac{1}{6}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{V}}{Cr}_2O_5) = \frac{1}{2 \cdot 5} = \frac{1}{10}$$

$$f_{\text{экв.}}(\overset{\text{VII}}{Cl}_2O_7) = \frac{1}{2 \cdot 7} = \frac{1}{14}$$





б) замещаются атомы водорода

$$f_{\text{экв.}}(\text{кислой соли}) = \frac{1}{\text{число замещенных атомов водорода}}$$



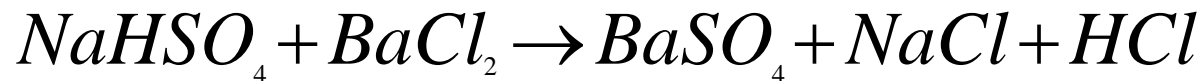
дигидрофосфат натрия

фосфат натрия

$$f_{\text{экв.}}(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = \frac{1}{2}$$

в) замещаются атомы металла и атомы водорода

$$f_{\text{экв.}}(\text{кислой соли}) = \frac{1}{\text{число атомов металла} \cdot \text{валентность} + \text{число замещенных атомов водорода}}$$



гидросульфат натрия

сульфат бария

$$f_{\text{экв.}}(\text{NaHSO}_4) = \frac{1}{1 \cdot 1 + 1} = \frac{1}{2}$$

## Молярная масса эквивалента

$$M_{f_{\text{экв.}}}(\text{вещества}) = f_{\text{экв.}}(\text{вещества}) \cdot M(\text{вещества})$$

$$f_{\text{экв.}}(H_2SO_4) = \frac{1}{2}$$

$$M(H_2SO_4) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ г/моль}$$

$$M_{f_{\text{экв.}}}(H_2SO_4) = f_{\text{экв.}}(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4)$$

$$M_{f_{\text{экв.}}}(H_2SO_4) = \frac{1}{2} \cdot 98 = 49 \text{ г/моль}$$

# Эквивалентная масса

Эквивалентная масса - это масса одного моль эквивалента вещества.

$$m_{\text{э}}(\text{вещества}) = \nu(\text{вещества}) \cdot M_{f_{\text{экв.}}}(\text{вещества})$$

$$M_{f_{\text{экв.}}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ моль}$$

$$m_{\text{э}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M_{f_{\text{экв.}}}(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m_{\text{э}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 49 = 49 \text{ г}$$

$$m_{\text{э}}(\text{H}) = 1 \text{ г}$$

$$m_{\text{э}}(\text{O}) = 8 \text{ г}$$

# Эквивалентный объем

Эквивалентный объем - это объем, который занимает при данных условиях 1 эквивалент вещества.

$$V = \frac{m}{M}; \quad V = \frac{V}{V_m} \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}; \quad \frac{m_{\text{э}}}{M} = \frac{V_{\text{э}}}{V_m} \Rightarrow V_{\text{э}} = \frac{m_{\text{э}} \cdot V_m}{M}$$

$$V_{\text{э}}(H_2) = \frac{m_{\text{э}}(H_2) \cdot V_m}{M(H_2)}; \quad V_{\text{э}}(H_2) = \frac{1 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{2 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ л}$$

$$V_{\text{э}}(O_2) = \frac{m_{\text{э}}(O_2) \cdot V_m}{M(O_2)}; \quad V_{\text{э}}(O_2) = \frac{8 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{32 \text{ г/моль}} = 5,6 \text{ л}$$

$$V_{\text{э}}(H_2) = 11,2 \text{ л}$$

$$V_{\text{э}}(O_2) = 5,6 \text{ л}$$





# Закон эквивалентов

Вещества взаимодействуют друг с другом в количествах, пропорциональных их эквивалентам.

Массы (объемы) веществ участвующих в Реакциях прямо пропорциональны их эквивалентным массам (объемам).

Рихтер  
Иеремия Вениамин  
(1762-1807)  
немецкий химик

1792-1794 г. -

показал, что при образовании соединений элементы вступают во взаимодействие в строго определённых соотношениях, впоследствии названных эквивалентами.

$$\frac{m_{(1)}}{m_{(2)}} = \frac{m_{\text{э}(1)}}{m_{\text{э}(2)}}; \quad \frac{m_{(1)}}{m_{(2)}} = \frac{M_{f_{\text{экв.}}(1)}}{M_{f_{\text{экв.}}(2)}}$$

$$\frac{V_{(1)}}{V_{(2)}} = \frac{V_{\text{э}(1)}}{V_{\text{э}(2)}}$$

# Закон постоянства состава



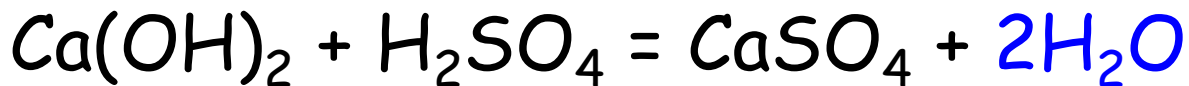
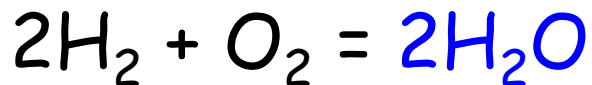
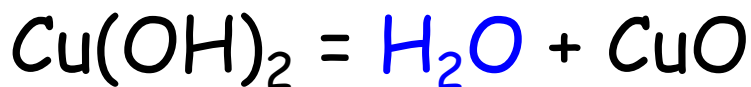
ПРУСТ  
Жозеф Луи  
(1754 - 1826)  
Французский химик

1799 г. -

установлен на основании анализа многих химических соединений, для которых состав и свойства оставались постоянными независимо от времени, места и способа их получения.

Любое чистое вещество независимо от его происхождения и способов получения всегда имеет постоянный состав.

Например, вода может быть получена в результате следующих химических реакций:



Молекула полученной различными способами воды всегда состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

# Закон объемных отношений

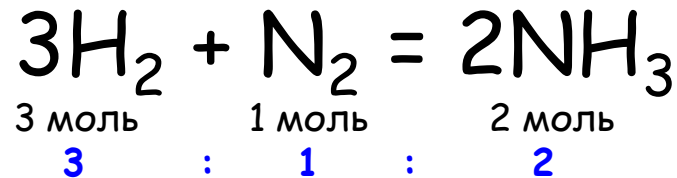
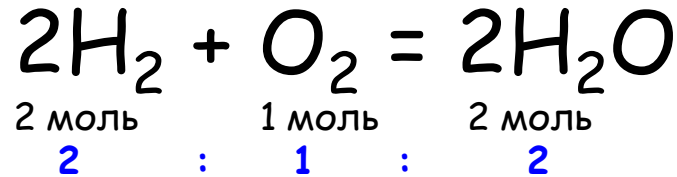
Объемы вступающих в реакцию газов относятся между собой и к объемам образующихся газообразных продуктов, как простые целые числа.



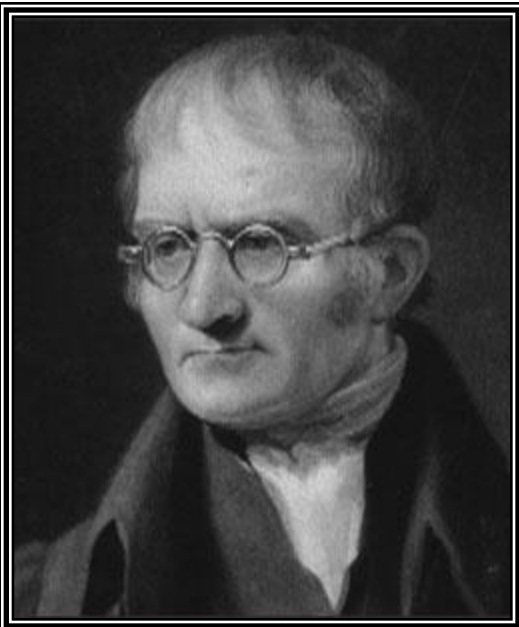
Гей-Люссак  
Жозеф Луи  
(1778-1850)  
Французский ученый

1808 г. -

открыл закон измерения объемов газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции.



Измерения объемов проводятся при одном и том же давлении и температуре.



# Закон кратных отношений

Если два элемента образуют друг с другом несколько химических соединений, то массы одного из элементов, приходящиеся в этих соединениях на одну и ту же массу другого, относятся между собой как простые целые числа.

Джон Дальтон  
(1766-1844)  
Английский ученый

**1803 г.** -

установил закон изучая соединения многих элементов, которые соединяясь друг с другом, образуют разные вещества, каждое из которых характеризуется определенным соотношением между массами этих элементов.

	CO	CO <sub>2</sub>
$w(C)$	42,88%	27,29%
$w(O)$	57,12%	72,71%
Число единиц массы кислорода, приходящихся на одну единицу массы углерода	$57,12/42,88 = 1,33$	$72,71/27,29 = 2,66$
Кратное отношение	$1,33/1,33 = 1$	$2,66/1,33 = 2$
	<b>1</b>	<b>2</b>




# Закон Авогадро

В равных объемах различных газов при одинаковых условиях содержится равное число молекул.



Авогадро Амедео  
(1776 - 1856)  
Итальянский физик и химик

1811 г. - открыл закон

He	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
		
$6,02 \cdot 10^{23}$ молекул	$6,02 \cdot 10^{23}$ молекул	$6,02 \cdot 10^{23}$ молекул
1 моль	1 моль	1 моль
22,4 л	22,4 л	22,4 л
4 г	2 г	44 г

1 моль газа

22,4 л

$6,02 \cdot 10^{23}$  молекул



# Газовые законы.

## Закон Бойля-Мариотта

При постоянной температуре давление, производимое данной массой газа, обратно пропорционально объему газа.



Эдм Мариотт  
(1620-1684)  
Французский физик

**1676 г. -**  
независимо открыл закон исследуя зависимость объема газа от давления при постоянной температуре и экспериментально установил обратно пропорциональную зависимость этих величин.

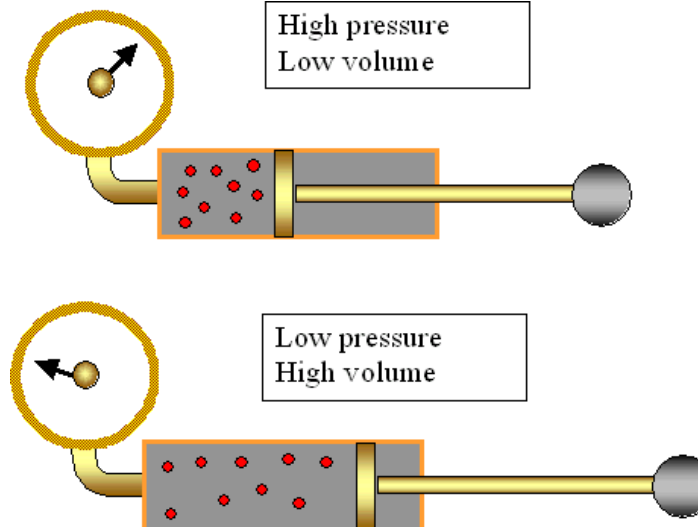


Роберт Бойль  
(1627-1691)  
Английский химик и физик

**1662 г. -**  
открыл основной газовый закон.



$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$$





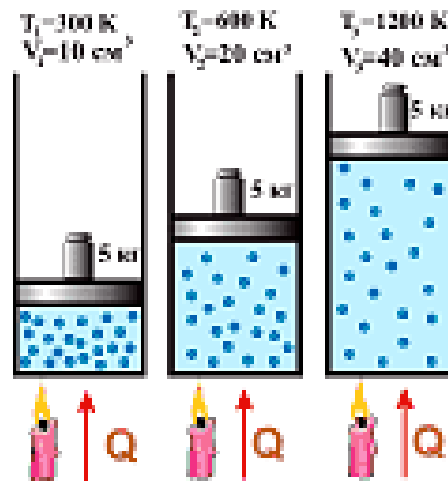
Гей-Люссак  
Жозеф Луи  
(1778-1850)  
Французский ученый

**1802 г. -**  
впервые был опубликован  
в открытой печати

# Закон Гей-Люссака

При постоянном давлении объем газа прямо пропорционален абсолютной температуре.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$





Жак Шарль  
(1746-1823)  
Французский ученый

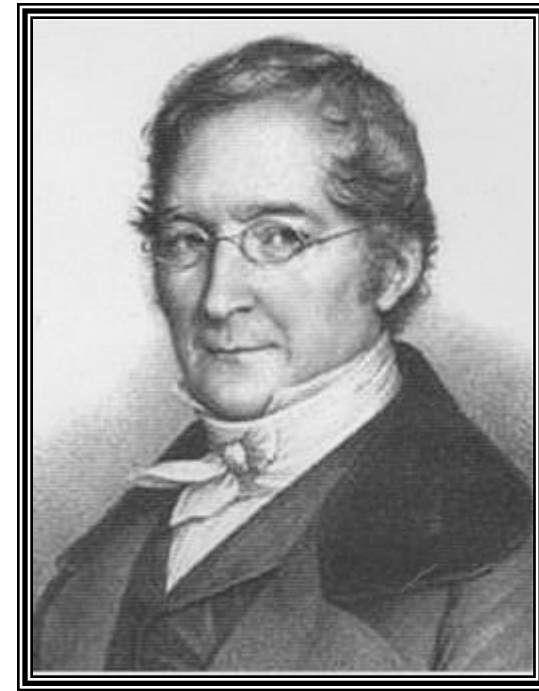
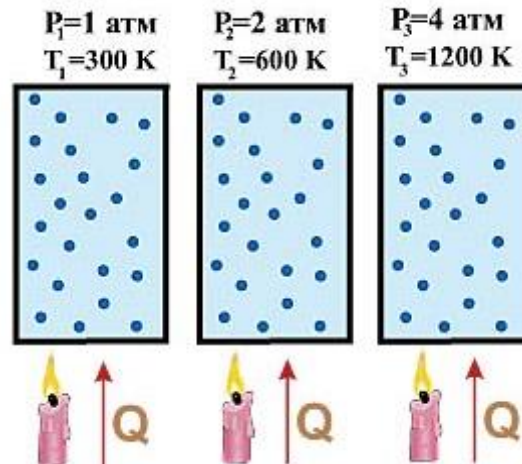
**1787 г. -**

установил экспериментальным  
путем зависимость давления  
газа от температуры при  
постоянном объеме.

# Закон Шарля

При постоянном объеме  
давление газа прямо  
пропорционально  
абсолютной температуре.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



Гей-Люссак  
Жозеф Луи  
(1778-1850)  
Французский ученый

**1802 г. -**

Уточнил закон

# Уравнение состояния идеального газа

Зависимость между объемом газа, давлением и температурой можно выразить общим уравнением, объединяющим законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$$

$p, V$  - давление и объем газа при данной температуре  $T$ ;  
 $p_0, V_0, T_0$  - давление, объем и температура при нормальных условиях.

Для любого газа количеством 1 моль:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = R - \text{универсальная газовая постоянная}$$

$$p_0 = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} = 101,3 \text{ кПа},$$

$$V_0 = 22,4 \text{ л/моль} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{моль},$$

$$T_0 = 273,15 \text{ К}$$

$$R = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

# Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$\frac{pV}{T} = R$$

$$pV = RT$$

Для газа количеством  $\nu$  моль, уравнение принимает вид:

$$pV = \nu RT, \quad \nu = \frac{m}{M}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$