ЛЕКЦИЯ 4

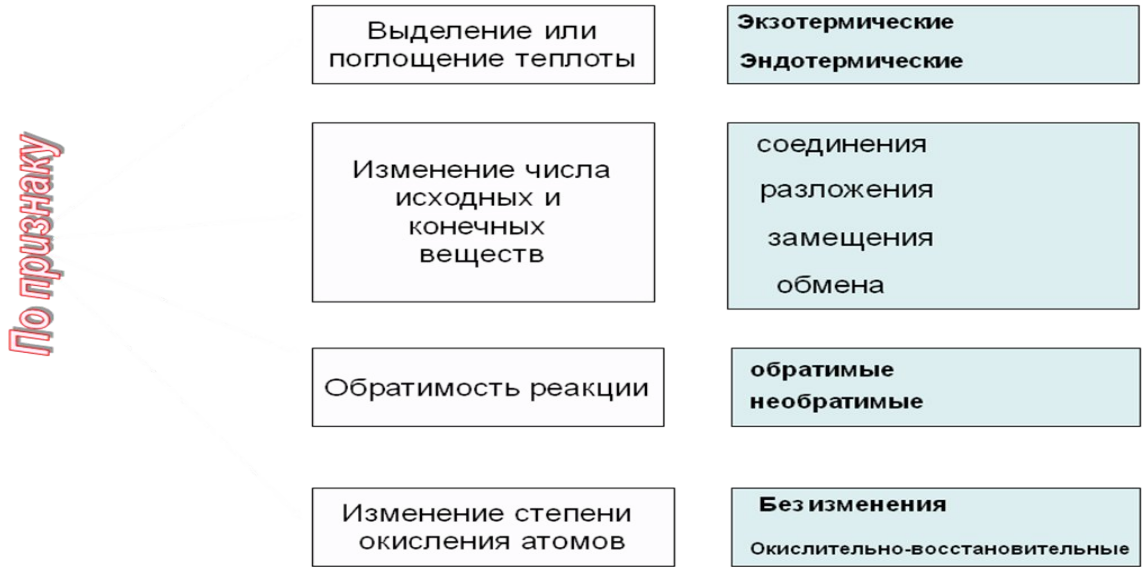
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ

1. Основные понятия и стехиометрия
2. Законы стехиометрии
3. Решение задач по химическим уравнениям

Прежде чем провести химическую реакцию, необходимо решить, в каком массовом соотношении смешать исходные вещества, и рассчитать массу продукта, который при этом получится.

Количественными отношениями занимается раздел химии, который называется стехиометрией (от греч. стойхеион - элемент и метрео - измеряю).

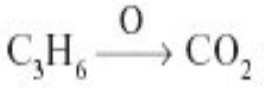
Превращение веществ, происходящее с изменением их состава и строения, **называется химической реакцией.** При химическом взаимодействии сохраняется количество атомов всех элементов. Ядра атомов остаются не затронутыми. Реакции можно распределить по ряду признаков: тип изменения состава (реакции соединения, обмена, разложения); вид теплового эффекта (экзо- и эндотермия); по степени окисления (окислительно-восстановительные и обменные реакции); по характеру превращения веществ (обратимые и необратимые реакции).



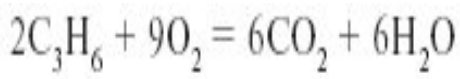
Нужно отличать **химическое уравнение,** в виде которого записывают химические реакции, содержащие формулы исходных веществ и продуктов реакции, и **схему** реакции. В химических уравнениях количество атомов каждого элемента должно быть одинаковым в обеих его частях (по закону сохранения

массы веществ). Схема этим требованиям не удовлетворяет, и в ней обозначен переход от одних соединений в другие под действием какого-либо реагента, но стехиометрия реакции не указывается.

Например, окисление пропена в виде схемы:



и в виде уравнения реакции:



Уравнение составляется на основе закона сохранения массы и показывает количественные соотношения веществ, участвующих в химической реакции.

В качестве примера рассмотрим взаимодействие гидроксида калия с фосфорной кислотой:

H3PO4 + 3KOH = K3PO4 + 3 H2O.

Из уравнения видно, что 1 моль ортофосфорной кислоты (98 г) реагирует с 3 молями гидроксида калия (3·56 г). В результате реакции образуется 1 моль фосфата калия (212 г) и 3 моля воды (3·18 г).

Основные газовые законы

Газовые законы - законы термодинамических процессов, протекающих в системе с неизменным количеством вещества при постоянном значении одного из параметров: закон Шарля, закон Гей-Люссака, закон Бойля-Мариотта, а также закон Авогадро, закон Дальтона.

Закон Бойля-Мариотта: *при постоянной температуре объем данного количества газа обратно пропорционально давлению, под которым он находится.*

$pV = const$, где

p-давление;

V-объем газа

Закон Бойля-Мариотта выполняется при очень малых давлениях.

Закон Гей-Люссака: *при постоянном давлении изменение объема газа прямо пропорционально температуре.*

$$\frac{V}{T} = const$$, где

Т – абсолютная температура (К)

Закон Шарля: *при постоянном объеме изменение давления прямо пропорционально абсолютной температуре.*

$$\frac{P}{T} = const$$

Измерения объёмов газов обычно проводят при условиях, отличных от нормальных. Для приведения объёма газа к нормальным условиям используют уравнение объединенного газового закона Бойля-Мариотта и Гей-Люссака:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

В этом уравнении V - объём данной массы газа при заданных давлении p и температуре T (в Кельвинах); V_0 - объём этой же массы газа при нормальных условиях (при давлении 101325 Па, или 760 мм рт. ст. и температуре 273 К).

Если V_0 означает объём, занимаемый при нормальных условиях 1 молем газа, т. е. 22,4 л, то для всех газов соотношение будет постоянной величиной. Эта величина называется **универсальной газовой постоянной,** обозначается буквой R, имеет размерность единица энергии/(Кельвин·моль). Численное значение R зависит от единиц, в которых выражается объём и давление газа.

В Международной системе единиц (СИ) давление выражается в паскалях (Па, 1 Па = 1 Н/м^2), объём в кубических метрах (м^3), следовательно значение универсальной газовой постоянной определяется значением:

$R = 1{,}013 \cdot 10^5 \cdot 22{,}4 \cdot 10^{-3} / 273 = 8{,}314$ Дж/(К·моль).

В практике химических исследований объём и давление часто выражают в единицах других систем: объём - в литрах или миллилитрах, давление - в атмосферах или миллилитрах ртутного столба. Для перевода результатов измерений в единицы СИ пользуются соотношениями:

1 атм = 760 мм рт. ст. = 101325 Па

1 мм рт. ст. = $1{,}31 \cdot 10^{-3}$ атм = 133,322 Па.

Если давление p_0 выражено в атмосферах, а объём V_0 - в литрах, то:

$$R = \frac{1 \cdot 22{,}4}{273} = 0{,}082 \text{ л·атм/(К·моль)}.$$

Для случая, когда p_0 выражено в миллиметрах ртутного столба, а объём V_0 - в миллилитрах, получим:

$$R = \frac{760 \cdot 22400}{273} = 62360 \text{ мл·мм рт. ст./(К·моль)}.$$

Для n молей газа это уравнение приобретает следующий вид:

$pV = nRT$

Это уравнение получило название **уравнение Клапейрона - Менделеева**. Учитывая, что число молей газа n равно отношению массы газа в граммах к его мольной массе, т. е. $n = m/M$, уравнение Клапейрона - Менделеева часто применяют в виде:

$$p \cdot V = \left(\frac{m}{M}\right) RT$$

Уравнение Клапейрона - Менделеева позволяет рассчитать молярную массу, а следовательно и молекулярную массу любого вещества, находящегося в газообразном состоянии:

$$M = \frac{mRT}{pV}$$

Решение задач по химическим уравнениям

Для того чтобы выполнить расчёт по уравнению реакции, нужно:

- составить уравнение химической реакции, расставить коэффициенты;
- по коэффициентам уравнения химической реакции определить *число молей* реагирующих веществ;
- НАД формулами соединений указать данные задачи, отметив их *размерность* (г, л, моль);
- ПОД формулами этих соединений сделать расчёт таким образом, что-

бы *размерность* величин «над» и «под» химическими формулами *совпали*;

- составить пропорцию из «верхних» данных и «нижних» результатов и выполнить расчёт.

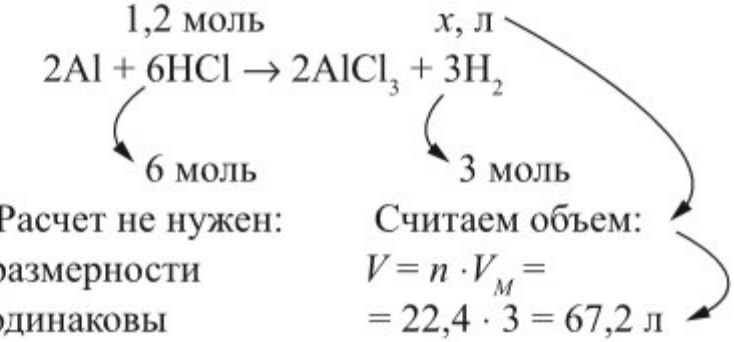
Единицы величин

Величина	Обозначение	Единица
Химическое количество вещества	n	моль
Относительная молекулярная (формульная) масса	M_r	1
Молярная масса	M	г/моль
Масса	m	г
Число структурных единиц	N	1

Задача 1. В раствор, содержащий **1,2** моль **HCl** опустили избыток алюминия. Какой объём водорода выделится при этом?

Решение. Составим уравнение реакции и запишем, что дано в ней, над формулами соединений. При этом обязательно указывайте *размерность*.

Дано:



n — количество вещества, моль.

Составим пропорцию:

1,2 моль HCl — x, л H_2

6 моль HCl — 67,2 л H_2

$$x = \frac{1,2 \cdot 67,2}{6} = 13,44 \text{ л}.$$

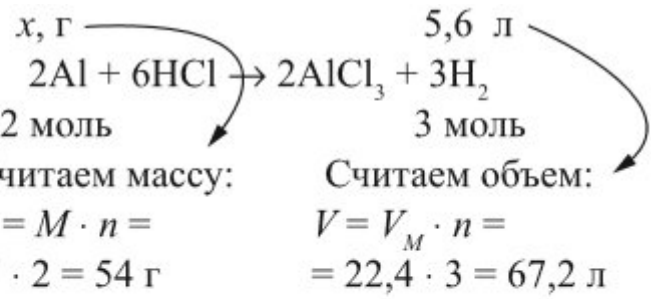
Ответ. Выделится 13,44 л водорода.

Задача 2. Сколько граммов алюминия нужно растворить в соляной кислоте, чтобы получить **5,6** л водорода?

Решение. Составим уравнение реакции и запишем, что дано в ней, над химическими формулами соединений. При этом обязательно указывайте *размер-*

ность.

Дано:



n — количество вещества, моль.

Составим пропорцию:

x, г Al — 5,6 л H_2

54 г Al — 67,2 л H_2

x = ...

В случае, когда нужно определить объёмы реагирующих газов, можно воспользоваться *следствием из закона Авогадро.*

Объёмы реагирующих газов относятся как их коэффициенты в уравнении химической реакции.

Задача 3. Какой объём углекислого газа выделится при полном сгорании **6** л ацетилена C_2H_2?

Решение.

Дано:

6 л $\quad$ x, л

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O.$$

Из уравнения реакции видно:

$$\frac{V(C_2H_2)}{V(CO_2)} = \frac{n(C_2H_2)}{n(CO_2)} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2},$$

где n — количество вещества, моль.

Откуда:

$V(CO_2) = 2 \cdot V(C_2H_2) = 2 \cdot 6$ л $= 12$ л.

Ответ. Выделится 12 л углекислого газа.

Задача 4. Найдите массу и объем кислорода (н.у.), который необходим для полного сжигания 4г серы.

Записываем условие задачи:

Дано: m(S)=4г

Найти: m(O_2)

$V(O_2)$

Решение: Записываем уравнение горения серы

$S + O_2 = SO_2$

Записываем данные задачи в уравнении:

4г x

$S+O_2 = SO_2$

1 моль 1моль *(число молей равно коэффициенту перед формулой)*

Находим количество известного вещества (в данном случае – серы):

Формула: **n = m/M,**

где n- количество вещества, моль

m – масса вещества, г

M – молярная масса вещества, г/моль

M(S) = 32 г/моль (из таблицы)

n(S)= 4: 32 = 0,125 (моль)

Записываем в виде пропорции соотношение реагирующих веществ:

$n(S) : n(O_2)$ = 1моль : 1моль

Находим количество искомого вещества $–O_2$:

0,125 моль : x = 1моль : 1моль

x = 0,125 моль

Находим **массу** кислорода по формуле: **m = n ·M**

$M(O_2)$ = 32г/моль

$m(O_2) = 0,125 \cdot 32 = 4$(г)

Объем кислорода (V) найдем по формуле: $\mathbf{V = nV_m}$,

где V_m – молярный объем. Для любых газов(при н.у.)**: V_m=22,4 л/моль**

$V(O_2) = 0,125 \cdot 22,4 = 2,8$(л)

Ответ: $V(O_2)$ = 2,8л $m(O_2)$ = 4г

Рекомендуемая литература:

1. Стась, Н. Ф. Решение задач по общей химии / Н. Ф. Стась, А. В. Коршунов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 168 с. - ISBN 978-5-507-45529-4.- Текст: электронный. - URL: https://e.lanbook.com/book/271322

2. Химия. Задачник: учебник для вузов/ под общей редакцией Г. Н. Фадеева. - Москва: Издательство Юрайт, 2025.- 235 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-5732-7. - Текст: электронный - URL: https://urait.ru/bcode/560096.