

Количество вещества

Химия — это наука о веществах. А как измерять вещество? В каких единицах? Вы можете предложить отсчитывать необходимое число молекул вещества, если оно состоит из них. Однако сделать это чрезвычайно сложно. Некоторые из вас предложат измерять вещество в граммах, килограммах или миллиграммах. Но ведь это единицы измерения массы.

Для измерения вещества была выбрана особая единица, в которой как бы соединились число молекул и масса вещества. Эта единица была названа *моль*.

Чтобы отмерить 1 моль вещества, нужно взять столько граммов его, какова относительная атомная (A_r) или относительная молекулярная масса (M_r) вещества.

Например, 1 моль воды имеет массу, равную 18 г, так как $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$; 1 моль кислорода имеет массу, равную 32 г, так как $M_r(\text{O}_2) = 32$; 1 моль железа имеет массу, равную 56 г, так как $M_r(\text{Fe}) = 56$.

А если нужно отмерить 2 моль воды, то сколько граммов её нужно взять? Верно, 36 г ($18 \cdot 2$). А можно отмерить 0,5 моль кислорода? Конечно, 0,5 моль O_2 имеют массу в два раза меньше массы 1 моль, т. е. 16 г ($32 : 2$). А сколько молей воды взяли, если, например, отмерили 45 г воды? Очевидно, нужно эту массу разделить на массу 1 моль воды ($45 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 2,5 \text{ моль}$), т. е. взяли 2,5 моль.

А как связано с количеством вещества число его молекул? Установлено, что 1 моль любого вещества всегда содержит одинаковое число молекул. Это число равно $6 \cdot 10^{23}$. В честь итальянского учёного А. Авогадро это число называли *постоянной Авогадро*. Обозначают её N_A .

Таким образом, 1 моль воды имеет массу 18 г и содержит $6 \cdot 10^{23}$ молекул H_2O . 1 моль кислорода O_2 имеет массу 32 г и также содержит $6 \cdot 10^{23}$ молекул O_2 .

Очевидно, что в 2 моль воды и любого вещества содержится $12 \cdot 10^{23}$ молекул, а в 0,5 моль — $3 \cdot 10^{23}$ молекул.

Значит, чтобы узнать число молекул (N), содержащихся в определённом количестве вещества, можно воспользоваться формулой:

$$N = N_A \cdot n,$$

где n — количество вещества, т. е. число молей.

Отсюда верны и следующие равенства:

$$n = \frac{N}{N_A} \text{ и } N_A = \frac{N}{n}.$$

Теперь дадим определение понятия «моль».



Моль — это такое количество вещества, в котором содержится $6 \cdot 10^{23}$ молекул этого вещества.

Однако следует помнить, что в молях измеряют и число других частиц: атомов, ионов, электронов и т. д. Во всех случаях 1 моль содержит $6 \cdot 10^{23}$ соответствующих частиц (атомов, ионов, электронов и т. д.).



Массу 1 моль вещества называют его **молярной массой** и обозначают буквой **M** .

Как вы теперь знаете, количество вещества измеряют в молях и обозначают буквой n , в некоторых учебниках — греческой буквой ν («ню»). Чтобы найти количество вещества, нужно его массу разделить на молярную массу:

$$n = \frac{m}{M}.$$

Следовательно, верны и обратные формулы:

$$m = M \cdot n \text{ и } M = \frac{m}{n}.$$



Молярная масса — это физическая величина, которая равна отношению массы вещества к количеству вещества.

Отсюда можно определить и единицу молярной массы — г/моль. $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$.

Вы знаете, что единицу массы, в 1000 раз большую одного грамма, называют *килограммом*, а единицу массы, в 1000 раз меньшую одного грамма, — *миллиграммом*. И количество вещества можно измерять не только в молях, но и в *киломолях* — кмоль (1 кмоль = 1000 моль), и в *миллимолях* — ммоль (1 моль = 1000 ммоль). Соответственно вместо молярной массы в некоторых случаях удобнее использовать понятия *киломолярная масса* (кг/кмоль) и *миллимолярная масса* (мг/ммоль).

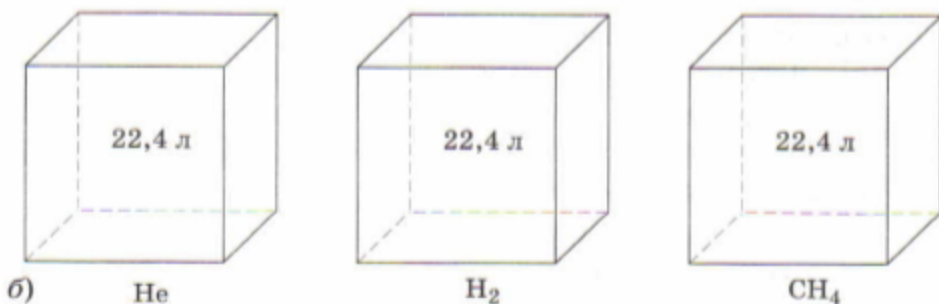
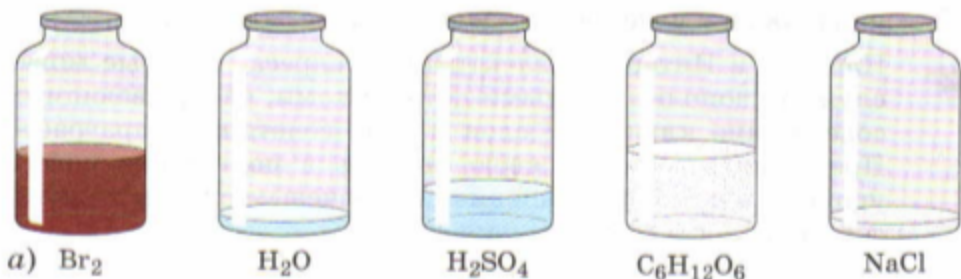
Мы определили, как связаны между собой количество вещества и его масса. Теперь решим задачи с использованием рассмотренных выше понятий.

Молярный объём газов

Массу 1 моль вещества называют молярной. А как называют объём 1 моль вещества? Очевидно, что и его называют **молярным объёмом**.

Чему равен молярный объём воды? Когда мы отмеривали 1 моль воды, мы не взвешивали на весах 18 г воды — это неудобно. Мы пользовались мерной посудой: цилиндром или мензуркой, так как знали, что плотность воды равна 1 г/мл. Поэтому молярный объём воды равен 18 мл/моль. У жидкостей и твёрдых веществ молярный объём зависит от их плотности (рис. 52, а). Другое дело у газов (рис. 52, б).

Если взять 1 моль водорода H_2 (2 г), 1 моль кислорода O_2 (32 г), 1 моль озона O_3 (48 г), 1 моль углекислого газа CO_2 (44 г) и даже 1 моль водяных паров H_2O (18 г)



при одинаковых условиях, например *нормальных* (в химии принято называть *нормальными условиями* (н. у.) температуру 0°C и давление 760 мм рт. ст. , или $101,3\text{ кПа}$), то окажется, что 1 моль любого из газов займёт один и тот же объём, равный $22,4\text{ л}$, и содержит одинаковое число молекул — $6 \cdot 10^{23}$.



Объём газа количеством вещества 1 моль называют **молярным объёмом** и обозначают V_m .

А если взять $44,8\text{ л}$ газа, то какое количество вещества его будет взято? Конечно же 2 моль , так как заданный объём вдвое больше молярного. Следовательно: $n = \frac{V}{V_m}$, где V — объём газа. Отсюда

$$V = V_m \cdot n \text{ и } V_m = \frac{V}{n}.$$

Молярный объём — это физическая величина, равная отношению объёма вещества к количеству вещества.

Молярный объём газообразных веществ выражается в л/моль. $V_m = 22,4\text{ л/моль}$. Объём одного киломоля называют *киломолярным* и измеряют в $\text{м}^3/\text{кмоль}$ ($V_m = 22,4\text{ м}^3/\text{кмоль}$). Соответственно *миллимолярный* объём равен $22,4\text{ мл/ммоль}$.