

## Основные формулы молекулярной физики

В кодификаторе ЕГЭ нет тем, непосредственно относящихся к содержанию данного листка. Однако без этого вводного материала дальнейшее изучение молекулярной физики невозможно.

Введём основные величины молекулярной физики и соотношения между ними.

$m$  — масса вещества,  $V$  — объём вещества,  $\rho = \frac{m}{V}$  — плотность вещества (масса единицы объёма). Отсюда

$$m = \rho V.$$

$N$  — число частиц вещества (атомов или молекул).

$m_0$  — масса частицы вещества. Тогда

$$m = m_0 N.$$

$n = \frac{N}{V}$  — концентрация вещества (число частиц в единице объёма),  $[n] = \text{м}^{-3}$ . Отсюда

$$N = nV.$$

Что получится, если  $m_0$  умножить на  $n$ ? Произведение массы частицы на число частиц в единице объёма даст массу единицы объёма, т. е. плотность. Формально:

$$m_0 n = m_0 \frac{N}{V} = \frac{m_0 N}{V} = \frac{m}{V} = \rho.$$

Итак,

$$\rho = m_0 n.$$

Массы и размеры частиц невообразимо малы по нашим обычным меркам. Например, масса атома водорода порядка  $10^{-24}$  г, размер атома порядка  $10^{-8}$  см. Из-за столь малых значений масс и размеров число частиц в макроскопическом теле огромно.

Оперировать столь грандиозными числами, как число частиц, неудобно. Поэтому для измерения *количества вещества* используют специальную единицу — *моль*.

Один моль — это количество вещества, в котором содержится столько же атомов или молекул, сколько атомов содержится в 12 граммах углерода. А в 12 граммах углерода содержится примерно  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов. Стало быть, в одном моле вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц. Это число называется *постоянной Авогадро*:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

Количество вещества обозначается  $\nu$ . Это *число молей* данного вещества.

Что получится, если  $\nu$  умножить на  $N_A$ ? Число молей, умноженное на число частиц в моле, даст общее число частиц:

$$N = \nu N_A.$$

Масса одного моля вещества называется *молярной массой* этого вещества и обозначается  $\mu$  ( $[\mu] = \text{кг/моль}$ ). Ясно, что

$$m = \mu \nu.$$

Как найти молярную массу химического элемента? Оказывается, для этого достаточно заглянуть в таблицу Менделеева! Нужно просто взять атомную массу  $A$  (число нуклонов) данного элемента — это будет его молярная масса, *выраженная в г/моль*. Например, для алюминия  $A = 27$ , поэтому молярная масса алюминия равна 27 г/моль или 0,027 кг/моль.

Почему так получается? Очень просто. Молярная масса углерода равна 12 г/моль по определению. В то же время ядро атома углерода содержит 12 нуклонов. Выходит, что каждый нуклон вносит в молярную массу 1 г/моль. Поэтому молярная масса химического элемента с атомной массой  $A$  оказывается равной  $A$  г/моль.

Молярная масса вещества, молекула которого состоит из нескольких атомов, получается простым суммированием молярных масс. Так, молярная масса углекислого газа  $\text{CO}_2$  равна  $12 + 16 \cdot 2 = 44$  г/моль = 0,044 кг/моль.

Будьте внимательны с молярными массами некоторых газов! Так, молярная масса газообразного водорода равна 2 г/моль, поскольку его молекула состоит из двух атомов ( $\text{H}_2$ ). То же касается часто встречающихся в задачах азота и кислорода ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ). Вместе с тем, наиболее частый персонаж задач — гелий ( $\text{He}$ ) — является одноатомным газом и имеет молярную массу 4 г/моль, предписанную таблицей Менделеева.

Ещё раз предостережение: **при расчётах не забывайте переводить молярную массу в кг/моль!** Если ваш ответ отличается от правильного на три порядка, то вы наверняка сделали именно эту, очень распространённую ошибку :-)

Что получится, если  $m_0$  умножить на  $N_A$ ? Масса частицы, умноженная на число частиц в моле, даст массу моля, т. е. молярную массу:

$$\mu = m_0 N_A.$$