

4. Расставьте коэффициенты в следующих схемах химических реакций, укажите их тип:
- а)  $P + Cl_2 \rightarrow PCl_5$ ;                      в)  $Al + CuCl_2 \rightarrow Cu \downarrow + AlCl_3$ ;  
б)  $Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O$ ;        г)  $MgSO_4 + KOH \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + K_2SO_4$ .
5. Замените знаки вопросов на формулы необходимых веществ и расставьте коэффициенты в полученных схемах химических реакций, для каждой реакции укажите ее тип:
- а)  $? + O_2 \rightarrow H_2O$ ;                      в)  $Zn + ? \rightarrow ZnSO_4 + H_2 \uparrow$ ;  
б)  $Cu + O_2 \rightarrow ?$ ;                        г)  $Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe + ?$ .
6. Укажите продукты реакций следующих веществ и составьте соответствующие уравнения химических реакций:
- а)  $H_2SO_4 + Fe \rightarrow$ ;                      г)  $K_2O + H_2O \rightarrow$ ;  
б)  $HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow$ ;                д)  $C + O_2 \rightarrow$ ;  
в)  $CuO + H_2 \rightarrow$ ;                        е)  $NaOH + HNO_3 \rightarrow$ .
7. Составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
- а)  $Ca \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2$ ;            б)  $HCl \rightarrow H_2 \rightarrow H_2O$ .

### Готовимся к олимпиадам

1. В газообразной смеси кислорода и азота их объемные доли были одинаковыми. К порции этой смеси объемом  $240 \text{ дм}^3$  (н. у.) добавили углекислый газ объемом  $100 \text{ дм}^3$  (н. у.). Во сколько раз уменьшилась объемная доля кислорода в полученной смеси?

## § 5. Химическое количество вещества

В химических лабораториях или на химических предприятиях мы имеем дело не с отдельными атомами и молекулами, из которых состоят вещества, а с порциями этих веществ. Их массы составляют от нескольких граммов до нескольких тонн.

Если необходимо взять порцию твердого вещества определенной массы, то для этого можно использовать весы (рис. 7). Если вещество жидкое, то его определенную порцию удобно



Рис. 7. Взвешивание



Мензурка

Мерный цилиндр

Мерная колба

Рис. 8. Мерная посуда

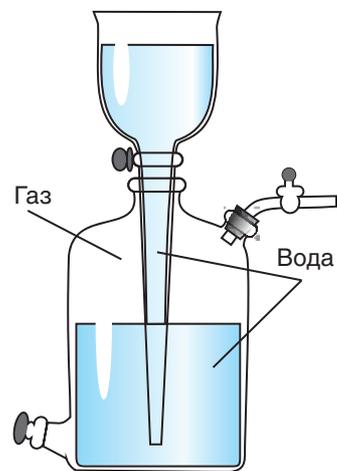


Рис. 9. Газометр

отмерить с помощью мензурки, мерного цилиндра или мерной колбы (рис. 8). Для того чтобы взять порцию газообразного вещества определенного объема, применяют специальные мерные емкости — газометры (рис. 9). Следовательно, **объем** и **масса** — это величины, характеризующие данную порцию вещества.

В химии для характеристики порции вещества, кроме его массы и объема, используют особую величину — **количество вещества (химическое количество вещества)**. Эта физическая величина является одной из семи основных величин Международной системы единиц (СИ).

**Химическое количество вещества — физическая величина, пропорциональная числу частиц (атомов или молекул), содержащихся в данной порции вещества.**

Каждую физическую величину обозначают символом, принятым в Международной системе единиц. Например, массу обозначают символом  $m$ , объем —  $V$ . Для обозначения химического количества вещества принят символ  $n$ .

При записи химического количества вещества его химическая формула указывается в круглых скобках после символа  $n$ . Например, запись  $n(\text{H}_2\text{O})$  означает, что нас интересует химическое количество молекул воды в некоторой порции, а  $n(\text{Fe})$  — химическое количество атомов железа в порции (навеске) этого металла.

Каждая из основных физических величин имеет свою единицу. Например, единица длины — *метр* (сокращенно м), массы — *килограмм* (кг), времени — *секунда* (с). Единицей химического количества вещества является *моль*.



Однокоренные термины «молекула» и «моль» произошли от одного и того же латинского слова «*moles*». Оно имеет, по крайней мере, два значения — «*масса*» или «*кучка*». От этого слова произошли два термина: молекула — «*маленькая масса*» и моль — «*большая масса*». Автором термина «моль» является известный немецкий химик и физик Вильгельм Оствальд.

### Моль — единица химического количества вещества

Как уже было сказано, химическое количество вещества пропорционально числу содержащихся в нем частиц (атомов или молекул). Если число частиц в порции вещества составляет  $6,02 \cdot 10^{23}$ , его химическое количество равно 1 моль.

**1 моль — порция вещества, которая содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц (атомов или молекул).**

Сокращенное обозначение единицы химического количества записывается так же, как и полное, — «моль». Поэтому если слово «моль» стоит после числа, то оно не склоняется, так же, как и другие сокращенные единицы величин: 3 кг, 5 дм<sup>3</sup>, 8 моль. При чтении вслух и при записи числительного буквами слово «*моль*» изменяется: три килограмма, пять литров, восемь молей.

### Постоянная Авогадро

Установлено, что в порции любого вещества X химическим количеством 1 моль содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов или молекул. Например, если такие вещества, как медь и графит, состоят из атомов, то в их порциях, равных 1 моль, содержится по  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов. Если же вещества состоят из молекул, например вода H<sub>2</sub>O, углекислый газ CO<sub>2</sub>, глюкоза C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, то их порции химическим количеством 1 моль содержат по  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул.

Химическое количество вещества  $n(X)$  всегда пропорционально числу содержащихся в нем частиц  $N(X)$ . Если, например, число частиц вещества увеличить в 2 раза, то во столько же раз увеличится его химическое количество. Отсюда следует, что *отношение числа частиц  $N(X)$*

в порции вещества к его химическому количеству  $n(X)$  есть величина постоянная. Она обозначается  $N_A$  и называется **постоянной Авогадро**. Это одна из важнейших универсальных констант в естествознании:

$$N_A = \frac{N(X)}{n(X)} = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Единица в числителе дроби ( $\frac{1}{\text{моль}}$ ) фактически означает атом или молекулу вещества.

Используя постоянную Авогадро и химическое количество вещества, можно рассчитать число содержащихся в нем частиц (атомов или молекул):

$$N(X) = n(X) \cdot N_A.$$

Например, в порции воды химическим количеством 5 моль число молекул  $H_2O$  равно:

$$N(H_2O) = n(H_2O) \cdot N_A = 5 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 3,01 \cdot 10^{24}.$$

И наоборот, зная число частиц  $N(X)$  вещества в любой его порции, мы можем рассчитать химическое количество  $n(X)$  вещества в ней:

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A}.$$

Например, химическое количество серной кислоты в ее порции, содержащей  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул  $H_2SO_4$ , равно:

$$n(H_2SO_4) = \frac{N(H_2SO_4)}{N_A} = \frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,5 \text{ моль}.$$

Если известно химическое количество молекул вещества, можно рассчитать общее химическое количество содержащихся в нем атомов.

**Пример.** В порции азотной кислоты  $HNO_3$  химическое количество ее молекул равно 0,7 моль. Рассчитайте общее химическое количество атомов всех элементов в этой порции кислоты.

Решение

1) Найдем, как связано соотношение числа атомов и числа молекул, в которых они содержатся, с соотношением химических количеств этих частиц. Для этого сначала выразим число атомов и число образованных ими молекул через их химические количества:

$$N(\text{атомов}) = n(\text{атомов}) \cdot N_A; \quad N(\text{молекул}) = n(\text{молекул}) \cdot N_A.$$

Запишем соотношение числа атомов и числа молекул:

$$\frac{N(\text{атомов})}{N(\text{молекул})} = \frac{n(\text{атомов}) \cdot N_A}{n(\text{молекул}) \cdot N_A} = \frac{n(\text{атомов})}{n(\text{молекул})}.$$

Из этого выражения видно, что числа атомов и образованных ими молекул соотносятся так же, как химические количества этих частиц. Другими словами, во сколько раз число атомов больше числа образованных ими молекул, во столько же раз химическое количество атомов больше химического количества молекул, в которых они содержатся.

2) Рассчитаем общее химическое количество атомов всех элементов в указанной порции азотной кислоты. Из формулы  $\text{HNO}_3$  видно, что в одной молекуле этого вещества содержится 5 атомов, т. е. в азотной кислоте общее число атомов в 5 раз больше числа молекул. Следовательно, в этом веществе общее химическое количество атомов **H**, **N** и **O** в 5 раз больше химического количества молекул:

$$n_{\text{общ.}} (\text{атомов}) = 5 \cdot n(\text{молекул}) = 5 \cdot 0,7 \text{ моль} = 3,5 \text{ моль}.$$

*Химическое количество вещества — физическая величина, пропорциональная числу частиц (атомов или молекул), содержащихся в данной порции вещества.*

*1 моль — порция вещества, которая содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц (атомов или молекул).*

*Отношение числа частиц в любой порции вещества к его химическому количеству — величина постоянная и равная  $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ . Она называется постоянной Авогадро и обозначается  $N_A$ .*

### Вопросы и задания

1. Назовите любые три физические величины и соответствующие им единицы. Что является единицей химического количества вещества?
2. Что означают следующие записи:  
а)  $m(\text{CuO})$ ; б)  $V(\text{N}_2)$ ; в)  $n(\text{HCl})$ ?
3. Укажите численное значение и единицу постоянной Авогадро.
4. Имеются три порции веществ: первая содержит 1 моль воды, вторая — 1 моль кислорода, а третья — 1 моль водорода. Что общего у этих трех порций и чем они различаются?
5. Как изменится химическое количество вещества в порции, если число его молекул увеличить в 5 раз?
6. Рассчитайте относительную молекулярную массу: а) оксида серы(VI); б) метана; в) угольной кислоты; г) озона.
7. Составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



8. В порции фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  химическое количество ее молекул равно 1,25 моль. Рассчитайте общее химическое количество атомов всех элементов в этой порции кислоты.
9. В некоторой порции серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  общее химическое количество всех атомов, содержащихся в ее молекулах, равно 28,7 моль. Чему равно химическое количество атомов кислорода в этой порции?

### Готовимся к олимпиадам

1. В неизвестном веществе массовые доли натрия, серы и кислорода равны соответственно 36,5 %, 25,4 % и 38,1 %. Определите химическую формулу этого вещества.

## § 6. Молярная масса. Молярный объем газов

Если химическое количество одного и того же вещества в двух его порциях одинаково, то одинаковым является и число содержащихся в них частиц (атомов или молекул). Из этого следует, что эти порции имеют также и одинаковую массу, поскольку состоят из одинакового числа одних и тех же частиц.

Будет ли это справедливым в том случае, если вещества будут разные, а их химическое количество в каждой порции по-прежнему будет одинаковым?

### Молярная масса

Из предыдущего параграфа вам известно, что при увеличении числа частиц в порции вещества, например в 3 раза, его химическое количество увеличивается во столько же раз. А что произойдет с массой порции при таком увеличении? Поскольку число частиц в порции увеличилось в 3 раза, то и ее масса также станет в три раза больше. Отсюда следует, что отношение массы порции вещества к его химическому количеству также есть некоторая постоянная для данного вещества величина. Эта величина получила название **молярная масса** вещества и обозначается символом ***M***.

**Молярная масса вещества — это величина, равная отношению массы любой порции этого вещества к его химическому количеству.**

Для любой порции вещества **X** массой  $m(\text{X})$ , в которой химическое количество вещества равно  $n(\text{X})$ , можем записать:

$$M(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{n(\text{X})}.$$