

Молекула простого или сложного вещества состоит из определенного числа атомов, входящих в ее состав. Абсолютные массы атомов и молекул чрезвычайно малы. Поэтому в химии применяют относительную атомную массу ( $A_r$ ) и относительную молекулярную массу ( $M_r$ ).

$$M_r(A_xB_y) = A_r(A) \cdot n(A) + A_r(B) \cdot n(B)$$

где  $n$  – число атомов (индекс) элемента ( $A, B$ ) в молекуле.

Химическая формула вещества позволяет рассчитать массовую долю элемента в веществе.

$$\omega(\text{эл}) = \frac{A_r(\text{эл.}) \cdot n(\text{эл.})}{M_r(\text{в-ва})}$$

Необходимо четко различать относительную молекулярную массу – безразличную величину и молярную массу, выраженную в г/моль:

$$M_r(H_2O) = 1 \cdot 2 + 16 \cdot 1 = 18$$

указана одна молекула воды, масса которой в 18 раз больше 1/12 части массы изотопа углерода  $^{12}\text{C}$  (микрочастица))

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$$

указан 1 моль воды, который содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул воды, общая масса которых равна 18 г (макротело))

Основной физической величиной в химии, наряду с массой и объемом, является *количество вещества* – физическая величина, определяемая числом структурных единиц (атомов, молекул, ионов, электронов и других частиц), содержащихся в системе. Количество вещества обозначают греческой буквой  $\nu$  или латинской **n**. Единицей количества вещества является *моль*. Применяя понятие «количество вещества», в каждом конкретном случае следует указывать, о каких структурных частицах идет речь.

*При написании:*

*В устной речи:*

$\nu(\text{H}) = 0,1$  моль

Количество атомов водорода равно 0,1 моль.

$\nu(\text{H}_2) = 0,1$  моль

Количество простого вещества водорода равно 0,1 моль.

$\nu(\text{H}^+) = 0,1$  моль

Количество катиона водорода равно 0,1 моль.

В учебной и научно-технической литературе и в устной речи часто встречаются разного рода ошибки в применении химических терминов. Правильная передача информации возможна только при четком использовании терминологии: лишь тогда фразы будут иметь однозначный химический смысл. Правильное употребление химических терминов

очень важно в письменной и устной речи любого специалиста-химика, но особенно необходимо в практике учителей химии.

Ниже приведены примеры наиболее типичных ошибок в использовании химического языка (Лидин Р. А. Современный химический язык. Ошибки в употреблении химической терминологии // Химия.– 2002.– № 8).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Два атома элемента углерода	Два атома элемента <i>углерод</i> Два атома <i>углерода</i>
Два моля соли нитрата калия	Два моля соли <i>нитрат калия</i> Два моля <i>нитрата калия</i>

В сочетании двух нарицательных существительных (в данных примерах «элемент и углерод», «соль – нитрат») первое слово – родовое понятие, второе – видовое понятие) склоняется только родовое понятие (элемента, соли).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Положительно заряженный ион	Положительный ион, катион
Отрицательно заряженный ион	Отрицательный ион, анион

В определении термина «ион» уже содержится понятие о заряде (ион – заряженная частица), поэтому слово «заряженный» – лишнее.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Ион водорода водородный ион	Катион водорода ( $H^+$ ) гидрид-ион ( $H^-$ )
Хлорид-анион сульфат-анион	Хлорид-ион сульфат-ион

Нарушение номенклатурных правил: названия неоднозначные ( $H^+$  или  $H^-$ ) или избыточные (суффиксы *-ид* и *-ат* уже указывают на отрицательный заряд ионов  $Cl^-$  и  $SO_4^{2-}$ ).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Хлорид железа (III)	Хлорид железа(III)
Манганат (VI)	Манганат(VI)

Нарушение номенклатурных правил: указание на степень окисления не должно отделяться от названия иона.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Основной оксид основные гидроксиды	<b>Основной</b> оксид основные гидроксиды
Основная соль	<b>Основная</b> соль

избыток основного гид- роксида	избыток основного гидрокси- да
-----------------------------------	-----------------------------------

Слово «основной» (главный, наиболее важный) не относится к химическим терминам. Типовое название оксидов, гидроксидов и солей – «**основный**» (от термина *основание*).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Смешанный оксид	Двойной оксид

Термин *двойной* используется в типовых названиях химических веществ: *двойные оксиды*, например  $(\text{BeAl}_2)\text{O}_4$  и  $(\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}})\text{O}_4$ , и *двойные соли*, например  $\text{KAl}(\text{SO}_4)$  и  $\text{KMgCl}_3$ . Он означает «содержащие два химически разных катиона» ( $\text{Be}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  соответственно).

Термин *смешанный* относится только к солям, содержащим два химически разных аниона например,  $\text{Na}_3\text{CO}_3(\text{HCO}_3)$  и  $\text{Pb}(\text{Cl})\text{F}$ .

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Количество вещества серы	Количество серы количество вещества в пор- ции серы

Количество вещества диоксида серы, взятого для проведения реакции	Количество диоксида серы, взятого для проведения реакции
Количество вещества растворенного вещества	Количество растворенного вещества
Количество вещества карбоната кальция, выпавшего в осадок	Количество карбоната кальция, выпавшего в осадок

Термин *количество вещества* относится к веществу вообще (как виду материи).

Если указано конкретное химическое вещество, то рациональный способ записи – без слова «вещество» (видовое понятие, т. е. название конкретного вещества, заменяет родовое понятие – вещество); при этом устраняется двусмысленность в выражении «количество вещества серы» (можно подумать, что сера бывает то веществом, то чем-то другим).

Напротив, слово «вещество» обязательно сохраняется, когда название конкретного вещества отделено во фразе от названия физической величины, например «количество вещества в растворе нитрата калия».

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Количество атомов Н	Количество атомного водорода
Один моль молекул O <sub>2</sub>	Один моль молекулярного кислорода
Один моль катионов натрия	Один моль катиона натрия
Один моль нитрат-ионов	Один моль нитрат-иона

*Моль* – единица количества вещества, а не числа частиц этого вещества. Вслед за значением количества вещества следует писать название (в единственном числе!) или формулу вещества. При указании же числа частиц их вид (атомы, молекулы, ионы) называется обязательно, например, 1 моль молекулярного кислорода содержит  $6 \cdot 10^{23}$  молекул O<sub>2</sub> и  $2(6 \cdot 10^{23})$  атомов О. Для ионных веществ, указанных одним из ионов (катионом, анионом), слова «катион», «ион» являются составными частями названий (катион натрия, нитрат-ион) и ставятся также в единственном числе.

Аналогично записываются названия веществ в сочетании с другими величинами и их единицами (массовая доля фос-

фора в смеси, молярная концентрация катиона кальция в растворе, 2 г катиона водорода).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Получено 2 моля кремния	Получено 2 моль кремния

Слово «моль» при числе, обозначенном цифрами, не склоняется, поскольку в данном случае моль – это не название единицы количества вещества, а ее обозначение (редкий случай совпадения названия и обозначения единицы).

Если число дано прописью, склонение сохраняется (три моля сульфата кальция).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Сколько граммов...?	Какова масса (г)...?
Сколько молей...?	Каково количество вещества (моль) ...?
Сколько литров...?	Каков объем (л)...?
Рассчитайте число молей аммиака...	Рассчитайте количество аммиака (моль)

Очень распространены ошибки в постановке вопросов в задачах. Вопрос следует формулировать относительно физической величины (масса, объем ...), указывая в скобках (при



необходимости, но не обязательно) единицу величины, в которой должен быть дан числовой ответ.

Примеры полных фраз:

*Какова масса (кг) вступившего в реакцию вещества?*

*Какое количество сероводорода (моль) прореагировало?*

*Определите объем (мл) воды, израсходованной на растворение данной порции соли.*

*Найдите объем (л, н.у.) выделившегося газа.*

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Массовая доля раствора соли	Массовая доля соли в растворе
Молярная концентрация раствора щелочи	Молярная концентрация щелочи в растворе

Физические величины *массовая доля* и *молярная концентрация* характеризуют (в химии растворов) содержание растворенного вещества. Например, массовая доля хлорида калия в растворе составляет 0,12 (или 12 %), молярная концентрация нитрата натрия в растворе равна 1 моль/л. Сам раствор в этих случаях (наличие одного растворенного вещества) количественно характеризуется *процентным содержанием* (12%-ный раствор KCl) или *молярностью*

(1M, или одномолярный раствор  $\text{NaNO}_3$ ). Отметим, что при концентрации, равной 0,001 моль/мл, раствор не будет 0,001-молярным. Чтобы найти молярность раствора, значение молярной концентрации необходимо выразить в моль/л (0,001 моль/мл — 1 моль/л, значит, раствор будет одномолярным, т. е. 1M).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Добавляют раствор соляной кислоты	Добавляют соляную кислоту

Соляная кислота — тривиальное название раствора хлороводорода в воде, следовательно, слово «раствор» является лишним («добавляют раствор раствора  $\text{HCl}$ »). Для разбавленного раствора  $\text{HCl}$  соответствующая фраза звучит так: «добавляют хлороводородную кислоту». Аналогичны выражения для всех других бескислородных кислот.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Составьте уравнение диссоциации соляной кислоты в воде	Составьте уравнение диссоциации хлороводорода в воде

В воде диссоциируют вещества (хлороводород), а не растворы (соляная кислота – раствор HCl в воде).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Кислая реакция раствора серной кислоты	Кислотная среда раствора серной кислоты
Щелочная реакция раствора гидроксида калия	Щелочная среда раствора гидроксида калия
Нейтральная реакция раствора бромида калия	Нейтральная среда раствора бромида калия

В химии термин *реакция* означает превращение веществ (в отличие от обычного значения этого слова – «отзыв на воздействие извне», например во фразах: реакция глаза на свет, реакция правительства на критику). В теории растворов наличие избытка ионов  $H^+$  или  $OH^-$  характеризует *кислотную* (но не кислую!) или *щелочную* среду соответственно, отсутствие избытка этих ионов – *нейтральную* среду.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Раствор вещества А реагирует с раствором вещества В	Вещество А реагирует с веществом В в растворе

Реагируют (взаимодействуют) вещества в растворе, а не сами растворы этих веществ. Примеры: *взаимодействие хлороводорода со щелочью в растворе; перманганат калия реагирует в подкисленном растворе с сульфитом натрия.*

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Сероводород получают из соответствующих элементов	Сероводород получают из соответствующих простых веществ

В химическую реакцию вступают не элементы, а отвечающие им простые вещества (в примере – водород  $H_2$  и сера S). Следовательно, на вопрос задачи («какая масса углерода затрачена на реакцию?») ответить нельзя, ведь углерод – это название элемента, а не вещества (в данном случае надо заменить слово «углерод» на «графит, алмаз, карбин или фуллерен»).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Оксид кальция растворяется в воде	Оксид кальция реагирует с водой
Железо растворяется в разбавленной азотной кислоте	Железо взаимодействует с разбавленной азотной кислотой

Примеры записей слева – некорректные выражения. Растворение – это переход вещества в раствор с сохранением состава своих молекул и (или) ионов. Оксид кальция не растворяется в воде, а реагирует с ней, при этом продукт реакции –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (малорастворимое вещество) – остается в растворе (в данном случае, если воды много). Аналогично: железо вступает в реакцию с разбавленной  $\text{HNO}_3$ , а растворимый продукт – нитрат железа(III)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  – остается в растворе. Впрочем, часто говорят, что железо химически (т. е. окисляясь до иона  $\text{Fe}^{3+}$ ) растворяется в разбавленной  $\text{HNO}_3$ .

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Щелочи и соли распадаются в растворе на ионы	Щелочи и соли диссоциируют в растворе на ионы

С химической точки зрения твердые вещества (щелочи и соли) состоят из ионов; при растворении этих веществ ионы оказываются в растворе (за счет разрушения кристаллической решетки и гидратации). Такой процесс называется электролитической диссоциацией сильных электролитов (ионных веществ). Однако для молекулярных веществ (кислот) оба выражения – правильные, поскольку их молекулы при элек-

тролитической диссоциации полностью или частично распадаются на ионы за счет разрыва ковалентных связей.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Хлор гидролизуется в воде	Хлор растворяется в воде и реагирует с ней

Гидролиз – это обменная реакция вещества с водой (степени окисления при этом не меняются), а хлор при растворении в воде подвергается дисмутации (окислительно-восстановительная реакция):



Для сравнения: мы не говорим, что натрий гидролизуется в воде, а натрий реагирует с водой и при этом сам окисляется ( $\text{Na} - 1\text{e} = \text{Na}^+$ ) под действием воды как восстановитель.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Гидроксид алюминия малорастворим, поэтому он плохо диссоциирует на ионы	Гидроксид алюминия, с одной стороны, малорастворим в воде; с другой стороны, как амфотерный гидроксид, в растворе диссоциирует в малой степени

Растворимость вещества и его способность диссоциировать (после растворения) не связаны между собой. Так, гидроксид магния мало растворяется в воде (0,03 г в 1 л воды, образуется 0,0005 М насыщенный раствор), а в полученном растворе протекает полная диссоциация  $\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$  (pH = 11). Кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  очень хорошо растворяются в воде, но диссоциируют по-разному:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – плохо (слабый электролит), а  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – почти полностью (сильный электролит). Хлорид ртути(II) умеренно растворим в воде и слабо диссоциирует ( $\text{HgCl}_2 \rightarrow \text{HgCl}^+ + \text{Cl}^-$ ).

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
В азотной кислоте +5 атом N является окислителем	Азотная кислота является +5 окислителем за счет атома N

Окислитель и восстановитель – это функции веществ, а не атомов, входящих в их состав.

<i>Неправильно</i>	<i>Правильно</i>
Пары иода водяные пары	Пар иода водяной пар

Слово «пар» употребляется во множественном числе только в обычной речи (разводить пары, винные пары). В физике и химии пар – это газообразное состояние вещества, и, следовательно, слово «пар» должно использоваться в единственном числе, как и слово «газ» (газ  $Cl_2$ , пар  $I_2$ ; пар  $H_2O$ ).

Взаимосвязь между физическими величинами для нахождения количества вещества выражается следующими формулами:

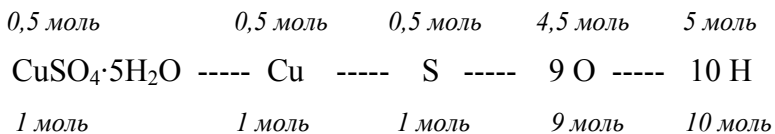
$$v = \frac{m}{M}; \quad v = \frac{V}{V_m}; \quad v = \frac{N_o}{N_A}$$

Взаимосвязь величин необходимо четко представлять, чтобы в ходе решения грамотно использовать именно те величины, о которых говорится в задаче. При проведении расчетов с числовыми значениями величин следует проставлять и их размерность. Найденное количество вещества молекул какого-либо вещества позволяет рассчитать количество (моль) атомов (ионов, электронов), входящих в состав этого вещества заданным количеством.

Например, в медном купоросе количеством 0,5 моль содержится 0,5 моль атомов меди, 0,5 моль атомов серы, 0,5



моль атомов водорода и 4,5 моль атомов кислорода. Рассуждения можно вести с помощью стехиометрической схемы:



Расчеты по формуле вещества удобно производить, используя понятие количества вещества.

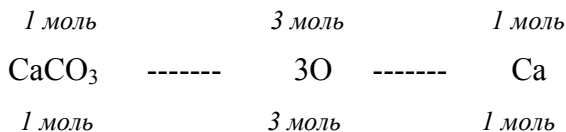
**Задача 1.** В смеси карбида кальция и карбоната кальция содержится по  $1,81 \cdot 10^{24}$  атомов кальция и кислорода. Вычислите массу этой смеси.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>N_o(\text{Ca}) = 1,81 \cdot 10^{24}</math> ат.</p> <p><math>N_o(\text{O}) = 1,81 \cdot 10^{24}</math> ат.</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p><math>m(\text{см.}) - ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><i>Решение:</i></p> <p>Используя данные условия задачи, рассчитываем количества (моль) атомов кальция и кислорода.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$\nu(\text{Ca}) = \frac{N_o(\text{Ca})}{N_A}, \quad \nu(\text{Ca}) = \frac{1,81 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \text{ (моль)};$$

$$\nu(\text{O}) = \frac{N_o(\text{O})}{N_A}, \quad \nu(\text{O}) = \frac{1,81 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \text{ (моль)}.$$

Так как атомы кислорода содержатся только в карбонате кальция, то  $\nu(\text{Ca}) = \frac{\nu(\text{O})}{3}$ ;



Следовательно, количество атомов кальция в карбиде кальция составляет  $(3-1) = 2$  (моль),  $\nu(\text{CaC}_2) = 2$  (моль).

$$m(\text{CaCO}_3) = M(\text{CaCO}_3) \cdot \nu(\text{CaCO}_3);$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 100 \cdot 1 = 100 \text{ (г)};$$

$$m(\text{CaC}_2) = M(\text{CaC}_2) \cdot \nu(\text{CaC}_2);$$

$$m(\text{CaC}_2) = 64 \cdot 2 = 128 \text{ (г)};$$

$$m(\text{см.}) = 100 + 128 = 228 \text{ (г)}.$$

Ответ: 228 г

**Задача 2.** Рассчитайте массу (в граммах) одной молекулы оксида серы(IV). Сколько молекул содержится в 8 г оксида серы(IV)?

<i>Дано:</i>		<i>Решение:</i>
$m(\text{SO}_2) = 8 \text{ г}$		$m_0(\text{SO}_2) = \frac{M(\text{SO}_2)}{N_A},$
$m_0(\text{SO}_2) - ?$		
$N_0(\text{SO}_2) - ?$		

$$m_0(\text{SO}_2) = \frac{64}{6,02 \cdot 10^{23}} = 10,63 \cdot 10^{-23} \text{ (г)};$$

$$v(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2)}; \quad v(\text{SO}_2) = \frac{8}{64} = 0,125 \text{ (моль);}$$

$$N_o(\text{SO}_2) = N_A \cdot v(\text{SO}_2); \quad N_o(\text{SO}_2) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,125 = 0,75 \cdot 10^{23} \text{ (мол.)}$$

Число молекул в порции оксида серы(IV) массой 8 г можно найти, зная массу одной молекулы  $\text{SO}_2$ , т. е.

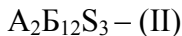
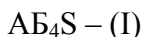
$$N_o(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{m_o(\text{SO}_2)},$$

$$N_o(\text{SO}_2) = \frac{8}{10,63 \cdot 10^{-23}} = 0,75 \cdot 10^{23} \text{ (мол.)}$$

Ответ:  $10,63 \cdot 10^{-23}$  г,  $0,75 \cdot 10^{23}$  молекул

**Задача 3.** Элементы А и Б образуют соединения с серой  $\text{AB}_4\text{S}$  и  $\text{A}_2\text{B}_{12}\text{S}_3$ ; в первом из них массовая доля серы составляет 21,05 %, а во втором – 24,00 %. Определите, о каких элементах и соединениях идет речь в условии.

*Дано:*



$\omega_I(\text{S}) = 0,2105$

$\omega_{II}(\text{S}) = 0,2400$

---

$A_r(\text{A}) - ? \quad A_r(\text{B}) - ?$

*Решение:*

Анализируя условие и требование задачи, приходим к выводу, что необходимо узнать относительные атомные массы элементов А и Б.

Пусть  $A_r(A) = x$ ;  $A_r(B) = y$ , тогда

$$M_r(AB_4S) = (x+4y+32),$$

$$M_r(A_2B_{12}S_3) = (2x+12y+96).$$

$$m_o(SO_2) = \frac{64}{6,02 \cdot 10^{23}} = 10,63 \cdot 10^{-23} \text{ (г)};$$

Выразим массовые доли серы в соединениях (I) и (II) с помощью следующих выражений:

$$\omega_I(S) = \frac{A_r(S) \cdot n_I(S)}{M_r(AB_4S)},$$

$$\omega_{II}(S) = \frac{A_r(S) \cdot n_{II}(S)}{M_r(A_2B_{12}S_3)}.$$

Подставим в данные выражения значения физических величин и получим систему двух уравнений:

$$\begin{cases} 0,2105 = \frac{32}{x + 4y + 32}, \\ 0,2400 = \frac{96}{2x + 12y + 96}; \end{cases}$$

После преобразования:

$$\begin{cases} x+4y=120, \\ x+6y=152; \end{cases} \quad \begin{cases} x=56, \\ y=16. \end{cases}$$

Переходим к химической записи:

$A_r(A)=56$ ; А – Fe.

$A_r(B)=16$ ; Б – O.

Таким образом,  $AB_4S - FeSO_4$ ;  $A_2B_{12}S_3 - Fe_2(SO_4)_3$ .

Ответ:  $FeSO_4, Fe_2(SO_4)_3$

**Задача 4.** Вычислите объемные доли азота и аммиака в смеси, в 1,344 л (н.у.) которой находится  $4,09 \cdot 10^{23}$  электронов.

*Дано:*

$V(\text{см.}) = 1,344 \text{ л}$

$N_0(\bar{e}) = 4,09 \cdot 10^{23}$

$\varphi(N_2) - ?$

$\varphi(NH_3) - ?$

*Решение:*

Переведем физические величины, данные в условии задачи, в количество (моль):

$$v(\text{см.}) = \frac{1,344}{22,4} = 0,06 \text{ (моль)},$$

$$v(\bar{e}) = \frac{4,09 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,68 \text{ (моль)}.$$

Электроны содержатся в атомах, образующих вещества азот и аммиак, т. е. в атоме азота 7  $\bar{e}$ , водорода – 1  $\bar{e}$ . Пусть  $v(N_2) = x$  моль;  $v(NH_3) = y$  моль, следовательно:

$x \text{ моль}$	$14x \text{ моль}$		$y \text{ моль}$	$10y \text{ моль}$		
$N_2$	-----	14 $\bar{e}$	;	$NH_3$	-----	10 $\bar{e}$
1 моль	14 моль		1 моль	10 моль		

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)