

Раздел 1. Общая и неорганическая химия.

Тема 1.1. Основные понятия и законы химии.

Химия относится к естественным наукам, которые изучают окружающий нас мир. Химия взаимосвязана с другими естественными науками, особенно с такими, как физика, биология.

Химия – это наука о веществах, их свойствах, превращениях веществ и явлениях, сопровождающих эти превращения.

Все тела, которые нас окружают, отличаются по форме, размерам, цвету и другим признакам (качествам). Так, например, пробирка и химический стакан имеют разную форму, а маленькая и большая колбы – разные размеры. Но у всех названных физических тел есть общее свойство: все они сделаны из одного материала – стекла. То, из чего состоят физические тела, называется *веществом*.

Предмет, который состоит из вещества и имеет определенный объем, массу, форму, называется *телом*.

Тела могут быть одинаковой формы, размера, цвета, но состоять из разных веществ. Например, можно сделать абсолютно одинаковые пластинки из меди и золота. Но у меди и золота разная плотность, разная электрическая проводимость и т.д. Поэтому вещества, так же как и тела, имеют свои различные признаки.

Медь и алюминий отличаются друг от друга по цвету, плотности, электрической проводимости и по другим признакам, вода и спирт – по запаху, соль и сахар – по вкусу.

Признаки, по которым вещества отличаются друг от друга или сходны между собой, называются *свойствами веществ*.

Каждому веществу присущи свои свойства.

Вода – жидкое вещество, без запаха, цвета и вкуса. Сахар – твердое вещество белого цвета, хорошо растворяется в воде, сладкое на вкус.

Кислород – газообразное вещество, без цвета, запаха, плохо растворяется в воде.

К свойствам веществ относятся: агрегатное состояние (твердое, жидкое, газообразное), в котором находится вещество при данных условиях, цвет, блеск, запах, вкус, растворимость и многие другие.

Все вещества под действием внешних условий изменяются: вода превращается в лед при охлаждении, медь теряет свой блеск во влажном воздухе.

Все изменения, которые происходят в окружающем нас мире, называются *явлениями*.

Когда вода превращается в лед, она изменяет свое физическое свойство – агрегатное состояние, но новых веществ не образуется. То же происходит при нагревании воды: из жидкого состояния она переходит в газообразное.

Изменения агрегатного состояния воды являются примерами физических явлений.

Явления, при которых не происходит образования новых веществ, называются *физическими явлениями*.

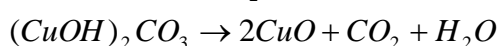
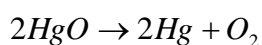
Но бывают превращения одних веществ в другие. Например, медь при нагревании становится черной. На ее поверхности образуется новое вещество черного цвета.

Сера представляет собой твердое вещество желтого цвета. При нагревании на воздухе она горит и превращается в новое, газообразное вещество с неприятным запахом.

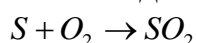
Превращения меди и серы в другие вещества представляют собой химические явления.

Явления, при которых происходит образование новых веществ, называются *химическими явлениями* или *химическими реакциями*.

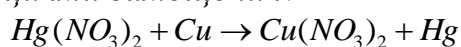
Химические реакции, при которых из одного вещества образуются два или несколько новых веществ, называются *реакциями разложения*.



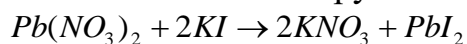
Химические реакции, при которых из двух или нескольких веществ получается одно новое вещество, называются *реакциями соединения*.



Реакции, при которых атомы, составляющие простое вещество, замещают атомы одного из элементов сложного вещества, называются *реакциями замещения*.



Реакции, при которых молекулы двух сложных веществ обмениваются атомами или атомными группами, называются *реакциями обмена*.



Вопросы и задания.

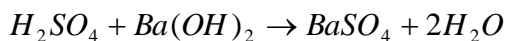
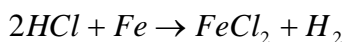
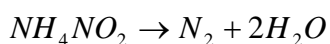
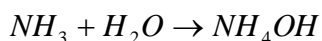
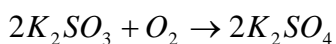
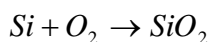
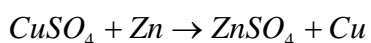
1. Что называется веществом, телом, свойством вещества? Приведите примеры.

2. Что относится к свойствам вещества? Охарактеризуйте физические свойства меди, золота, мела, уксусной кислоты.

3. К какому явлению относится: ржавление железа, распил дерева, разбитие стекла, почернение серебра, потеря блеска у алюминия на воздухе, превращение графита в алмаз, переход серы из кристаллического состояния в пластическую форму?

4. Какие из следующих названий относятся к физическим телам, а какие к веществам: химический стакан, спиртовка, железо, мрамор, золотое кольцо, снег, деревянный штатив, стеклянная трубка?

5. К какому типу реакций можно отнести следующие уравнения химических реакций:



Атомно-молекулярное учение.

Первое учение о строении вещества – это *атомно-молекулярное учение*.

Данное учение развивалось в течение многих столетий на основе большого опытного материала количественных представлений главным образом физики и химии.

Особое значение в развитии атомно-молекулярного учения имеют работы русского ученого М.В. Ломоносова. Сущность этого учения заключается в следующем:

1. Все вещества состоят из молекул, атомов или ионов. Молекула является наименьшей частицей, которая сохраняет свойства данного химического соединения.

2. Молекулы находятся в постоянном движении. С повышением температуры скорость движения молекул увеличивается.

3. Молекулы различных веществ отличаются друг от друга массой, размерами, составом, строением и химическими свойствами.

4. Молекулы могут состоять из атомов как одного элемента (простые вещества), так и разных элементов (сложные вещества). Существенное значение имеют число и взаимное расположение атомов в молекуле.

На первом Международном съезде химиков в 1860 году были приняты определения понятий атома и молекулы и основные положения атомно-молекулярного учения.

Молекулой называется мельчайшая частица вещества, обладающая определенной массой и всеми химическими свойствами этого вещества.

В химических реакциях молекулы делятся на составляющие их атомы. Атом же не может быть химическим путем разложен на более мелкие частицы. Поэтому атомы можно рассматривать как предел химического деления.

Мельчайшие химически неделимые частицы, из которых состоят молекулы, называются *атомами*.

Массы атомов и молекул очень малы. Для определения массы атомов пользуются относительными массами. За единицу атомной массы в химии и физике с 1961 года принята *атомная единица массы* (а.е.м.), которая равна $1/12$ массы атома изотопа углерода C^{12} и обозначается m_a . Ее следует

отличать от безразмерной величины *относительной атомной массы* A_r . Например, относительная атомная масса элемента серы $A_r(S) = 32$, а масса атома серы $m_a(S) = 32 \cdot 1 \text{ а.е.м.} = 32 \text{ а.е.м.}$, т.е. равна произведению относительной атомной массы элемента на 1 атомную единицу массы.

Отношение массы молекулы к 1/12 массы атома углерода называется *относительной молекулярной массой вещества* M_r . Она равна сумме относительных атомных масс с учетом числа атомов каждого элемента. Например, $M_r(H_2SO_4)$ складывается из $2A_r(H) + 1A_r(S) + 4A_r(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 2 + 32 + 64 = 98$

Соответственно находят и массу молекулы:

$$m_m(H_2SO_4) = 2 \cdot 1 \text{ а.е.м.} + 32 \text{ а.е.м.} + 4 \cdot 16 \text{ а.е.м.} = 98 \text{ а.е.м.}$$

Для практического решения вопросов о количественном участии веществ в химических реакциях используют *молярную массу вещества* M .

Молярная масса вещества M – это отношение его массы к количеству вещества:

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

где m – масса, г; n – количество вещества, моль. Следовательно, молярная масса имеет размерность грамм на моль (г/моль). Численное значение молярной массы вещества совпадает с числовым значением относительной молекулярной массы. Например, относительная молекулярная масса молекулы КОН (величина безразмерная) $M_r(KOH) = 56$. Запишем массу молекулы КОН в различных единицах измерения:

масса молекулы КОН (г) $m(KOH) = 56 \text{ г}$;

масса молекулы КОН (а.е.м.) $m_m(KOH) = 56 \text{ а.е.м.}$;

молярная масса КОН (г/моль) $M(KOH) = \frac{m}{n} = \frac{56 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 56 \text{ г/моль}$,

где n – количество вещества (моль), содержащее столько структурных единиц, сколько атомов содержится в углероде массой 12 г. Вычислено, что в 12 г углерода содержится $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул. Число $6,02 \cdot 10^{23}$ названо в честь итальянского ученого А.Авогадро *числом Авогадро*, а число частиц $6,02 \cdot 10^{23}$, содержащихся в одном моль любого вещества, называется *постоянной Авогадро*. Таким образом, масса вещества и количество вещества – разные понятия.

Пример 1. Какое количество вещества MgO содержится в 160 г его массы?

Решение. Относительная молекулярная масса $M_r(MgO) = 24 + 16 = 40$, следовательно, молярная масса $M(MgO) = 40 \text{ г/моль}$. Пользуясь соотношением $M = \frac{m}{n}$, находим количество вещества:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{160 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль}$$

Пример 2. Определите массу гидроксида натрия количеством вещества 0,2 моль.

Решение. Молярная масса $M(NaOH) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$.

Масса вещества NaOH количеством 0,2 моль составляет:

$$m = M \cdot n = 40 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ моль} = 8 \text{ г}$$

Для расчетов объемов газов используется закон Авогадро и следствия из него. Закон Авогадро формулируется следующим образом:

В равных объемах газов при одних и тех же условиях содержится одинаковое число молекул.

Для определения объема газообразных веществ используют молярный объем V_m .

Молярный объем газа – это отношение его объема к количеству вещества:

$$V_m = \frac{V}{n}$$

где V – объем, л; n – количество вещества, моль. Молярный объем газов для всех газообразных веществ, взятых при нормальных условиях (н.у.), т.е. при 273 К и 101,325 кПа, равен 22,4 л/моль. Если газы занимают одинаковый объем, то любой газ количеством вещества 1 моль (при н.у.) содержит одинаковое число молекул.

Пример 3. Определите количество вещества оксида углерода (IV), занимающего объем 5,6 л при нормальных условиях.

Решение. Используя молярный объем V_m , постоянный для всех газообразных веществ, взятых при нормальных условиях, находим

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

Молекулярную массу газов можно рассчитать по относительной плотности D . *Относительная плотность газов* – это отношение масс равных объемов разных газов, например:

$$\frac{m(V(SO_2))}{m(V(H_2))} = D_{H_2}$$

Относительная плотность газа – величина безразмерная.

Относительную плотность на основании закона Авогадро можно определить как отношение масс равных объемов различных газов к их молярным массам (или относительным молекулярным массам):

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

где m_1 и m_2 – массы определенных объемов первого и второго газов; M_1 и M_2 – молярные массы первого и второго газов. Отношение m_1/m_2 называется плотностью первого газа по второму и обозначается буквой D . Отсюда находим плотность данного газа

$$D = \frac{M_1}{M_2}$$

Пример 4. Рассчитайте относительную плотность хлора по аммиаку.

Решение. $M(Cl_2) = 71 \text{ г/моль}$, $M(NH_3) = 17 \text{ г/моль}$. Следовательно,

$$D(\text{NH}_3) = \frac{17 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 0,586$$

Пример 5. Относительная плотность аммиака по воздуху равна 0,586. Рассчитайте молярную массу аммиака.

Решение. $M(\text{возд}) = 29 \text{ г/моль}$, $D_{\text{возд}}(\text{NH}_3) = 0,586$. Следовательно,
 $M(\text{NH}_3) = 29 \text{ г/моль} \cdot 0,586 = 17 \text{ г/моль}$

Вопросы и задания.

1. Что такое относительная атомная, молекулярная масса?
2. В чем сходство и различие в понятиях «масса атома» и «относительная атомная масса»?
3. Что такое молярная масса вещества? В каких единицах она выражается?
4. Что такое молярный объем и в каких единицах он выражается?
5. Какая связь между относительной молекулярной массой газа и относительной плотностью? Что называется относительной плотностью? Как находится плотность одного газа по отношению к другому?
6. Сколько молей составляют: а) азот массой 14 г; б) кислород массой 48 г; в) железо массой 112 г?
7. Определите массу: а) 0,1 моль NaOH; б) 2 моль HCl; в) 1 моль H₂SO₄.
8. Какое количество вещества содержится: а) в 3,7 г Ca(OH)₂; б) в 0,2 кг Cu(OH)₂; в) в 0,056 т KOH?
9. Сколько молекул содержится: а) в NaOH массой 4 кг; б) CaO массой 5,6 т; в) в Na₂CO₃ массой 10,6 г?
10. Определите, во сколько раз тяжелее воздуха: а) SO₂; б) CO₂; в) NH₃.
11. Относительная плотность газа по кислороду равна двум. Определите плотность этого газа по водороду.
12. Газовая смесь содержит водород (объемная доля 30%), азот (объемная доля 35%) и кислород (объемная доля 35%). Определите массу смеси объемом 10 л.
13. Выполните упражнения в расчетах с применением понятия «молярный объем газов» по табл. 1.

Таблица 1. Данные для выполнения задания 13.

Вещество	Исходные данные (постоянные значения)				Условия задачи (произвольно взятые значения)			
	Относительная молекулярная масса M_r	Молярная масса M , г/моль	Молярный объем V_m , л/моль	Число частиц N в порции газа в 1 моль	Количество вещества n , моль	Масса вещества m , г	Объем газа V , л	Число частиц N в данном объеме газа
N ₂	28	28	22,4	$6,02 \cdot 10^{23}$	0,5	X	Y	N
H ₂ S	34	34	22,4	$6,02 \cdot 10^{23}$	X	68	Y	N

CO ₂	44	44	22,4	6,02*10 ²³	X	У	5,6	N
-----------------	----	----	------	-----------------------	---	---	-----	---

14. Выполните упражнения в расчетах с применением понятий «количество вещества», «масса» и «молярная масса» по табл. 2.

Таблица 2. Данные для выполнения задания 14.

Вещество	Исходные данные (постоянные значения)			Условия задачи (произвольно взятые значения)		
	Относительная молекулярная (атомная) масса Mr	Молярная масса M, г/моль	Число частиц в порции количеством вещества Mr 1 моль	Количество вещества n, моль	Масса вещества m, г	Число частиц N в данной порции вещества
Магний	24	24	6,02*10 ²³	2	X	N
Сера	32	32	6,02*10 ²³	X	16	N
Оксид меди (II)	80	80	6,02*10 ²³	X	У	12*10 ²³

Законы химии.

Изучая состав различных веществ, французский ученый Ж.Пруст (Жозеф Луи) пришел к выводу, что массовые соотношения между элементами в сложных веществах всегда постоянны независимо от способов их получения.

Это значит, что атомы химических элементов вступают в соединения друг с другом только в определенных количественных соотношениях. Например, поваренная соль (NaCl) может быть получена различными способами, но она всегда состоит из натрия и хлора, при этом массовое соотношение этих элементов будет всегда постоянное: 23:35,5. На основании экспериментов был сформулирован закон постоянства состава (Ж.Пруст, 1799):

Всякое чистое вещество независимо от способа его получения всегда имеет постоянный качественный и количественный состав.

Зная формулу вещества, атомные массы элементов, можно проводить различные вычисления по химическим формулам.

Пример 1. Вычислите массовую долю W(%) меди в CuO.

Решение. Mr (CuO) = 64 + 16 = 80. Тогда

$$W(Cu) = \frac{64}{80} \cdot 100\% = 80\%$$

Пример 2. Вычислите состав гидроксида меди (II) Cu(OH)₂ в массовых долях W(%).

Решение. Mr(Cu(OH)₂) = 98. Тогда

$$W(Cu) = \frac{64}{98} \cdot 100\% = 65.4\% Cu$$

$$W(O) = \frac{2 \cdot 16}{98} \cdot 100\% = 32.6\% O$$

$$W(H) = \frac{2 \cdot 1}{98} \cdot 100\% = 2\% H$$

Пример 3. Выведите формулу вещества, содержащего фосфор (массовая доля 56,4%) и кислород (массовая доля 43,6%).

Решение. Обозначим число атомов фосфора в соединении через x , а число атомов кислорода через y . Так как масса атома фосфора равна 31 а.е.м., а атома кислорода – 16 а.е.м., масса всех атомов фосфора, содержащихся в молекуле, будет равна $31x$, атомов кислорода – $16y$. Отношение этих масс выражает состав всего вещества. Этот же состав выражается соотношением 56,4 : 43,6.

Приравняв оба отношения, получаем пропорцию:

$$31x : 16y = 56,4 : 43,6$$

$$x : y = \frac{56,4}{31} : \frac{43,6}{16} = 1,82 : 2,72$$

Чтобы выразить отношение $x : y$ целыми числами, делим оба члена отношения на меньший из них:

$$x : y = \frac{1,82}{1,82} : \frac{2,72}{1,82} = 1 : 1,5$$

Приведем эти соотношения к целым числам: 2:3.

Таким образом, $x = 2$, а $y = 3$. В молекуле на каждые два атома фосфора приходится три атома кислорода. Получаем формулу P_2O_3 .

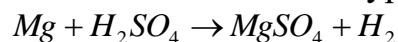
Основываясь на количественном методе изучения химических реакций, М.В. ломоносов в 1748 году открыл *закон сохранения веса веществ*. Но так как каждое вещество имеет массу, то теперь говорят о сохранении при химических реакциях массы веществ, и закон формулируется следующим образом:

Масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

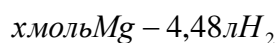
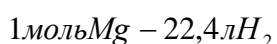
При химических реакциях изменяются вещества, т.е. одни молекулы превращаются в другие, но число атомов и их общая масса не изменяются. Правильно составленное уравнение реакции имеет большое практическое значение. По уравнению реакции можно рассчитать, сколько надо взять исходного вещества для получения строго определенного количества необходимого продукта, или узнать, сколько получится нового продукта из данного количества вещества.

Пример 4. При растворении в серной кислоте загрязненного магния массой 6 г был получен водород объемом 4,48 л при нормальных условиях (н.у.). определите массовую долю W примесей (%).

Решение. Записываем уравнение реакции:



По условию реакции видно, что при растворении 1 моль магния выделяется 1 моль или 22,4 л водорода (н.у.). Тогда



$$x = \frac{1 \text{ моль} \cdot 4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{Mg}) = M \cdot n, \text{ где } n = x$$

$$m(\text{Mg}) = 24 \text{ г / моль} \cdot 0,2 \text{ моль} = 4,8 \text{ г}$$

Следовательно, в 6 г смеси содержится 6 г – 4,8 г = 1,2 г примесей, что составляет

$$W(\text{примесей}) = \frac{1,2}{6} \cdot 100\% = 20\%$$

Вопросы и задания.

1. Сформулируйте закон постоянства состава и закон сохранения массы вещества.

2. Как практически используются законы постоянства состава и сохранения массы вещества?

3. Что выражает химическая формула и что химическое уравнение?

4. Вычислите массовую долю (%) следующих веществ : а) Na_2CO_3 ; б) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

5. В каком количестве вещества Na_3PO_4 содержится: а) натрия массой 23 г; б) фосфора массой 93 г?

6. Сколько граммов меди находится в 5 моль : а) CuO ; б) $\text{Cu}(\text{OH})_2$?

7. Определите простейшую формулу гидросульфита калия, если состав этого соединения следующий: массовая доля калия 54,2%, серы – 44,4%, водорода – 1,4%.

8. Какой объем воздуха (при н.у.) нужен для сжигания серы массой 4 г до SO_2 (содержание кислорода в воздухе принять равным 1/5 по объему)?

9. Какая масса гидроксида натрия требуется для превращения сульфата меди (II) массой 16 г в гидроксид меди (II)?

Оценка устного ответа

Отметка "5":

ответ полный и правильный на основании изученных теорий; материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком; ответ самостоятельный.

Отметка "4":

ответ полный и правильный на основании изученных теорий; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Отметка "3":

ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или ответ неполный, несвязный.

Отметка "2":

при ответе обнаружено непонимание студентами основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые студент не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

Оценка умений решать расчетные задачи

Отметка "5":

в логическом рассуждении и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом.

Отметка "4":

в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок.

Отметка "3":

в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах.

Отметка "2":

имеются существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении.