

Министерство образования и науки РБ
Ассоциация «Сибирский технологический университет»
ГБПОУ «Бурятский лесопромышленный колледж»

Методические рекомендации

АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

Рекомендовано редакционно-издательским советом СибГТУ в качестве методических указаний для студентов средних и высших профессиональных учебных заведений при самостоятельной работе по дисциплине «Химия»

Улан-Удэ 2017

ББК 24
М 54

Методические рекомендации «Алгоритмы решения задач по химии». -2-е изд., стереотип. – Улан-Удэ: Ризография БЛПК, 2015. – 44с.

Автор: А.Б. Павлова

Рецензенты: кандидат биологических наук, ст. преподаватель кафедры неорганической и аналитической химии ВСГТУ Г.Б. Ендонова, преподаватель БЛПК Н.Б. Цырендылыкова, кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии СибГТУ П.В. Фабинский

Ответственный за выпуск: Е.Т. Хинхаева

В методической рекомендации приведены подробные алгоритмы решения задач по химии. Издание призвано помочь студентам колледжа при самостоятельной работе по дисциплине «Химия».

Введение

Новый материал эффективно и быстро усваивается при решении задач. Затруднения в решении указывают на наличие пробелов в знаниях и необходимость их корректировки. Именно задачи позволяют контролировать и оценивать уровень обучения и усвоения материала – на экзаменах и олимпиадах.

Цель данной методической разработки – оказание помощи в решении задач по химии и постепенное развитие самостоятельного анализа обсуждаемых вопросов.

Существуют различные подходы к решению даже простейших задач. В этой разработке использованы наиболее логичные алгоритмы. Эти алгоритмы, вероятно, будут очень полезны тем, кто любит действовать по четко определенной схеме. Кстати: для тех, кто не привык мыслить шаблонно и идти от частного к общему, можно вообще не пользоваться алгоритмами, а просто проанализировать готовые решения: схема решения сама сложится в голове.

Но для правильного решения любой задачи совершенно необходимо:

1. Правильно составить формулы всех веществ, упомянутых в условии задачи.
2. Составить схему реакции, то есть определить, какие продукты образуются из данных исходных веществ.
3. Правильно расставить коэффициенты и получить, таким образом, уравнение реакции.

Следует напомнить, что верно составленное уравнение – половина правильного решения, а дальше остается в основном несложная математика...

Принятые обозначения физических величин и форма записи

Наименование величин	Единицы измерения	Обозначение	Форма записи
Масса вещества	г, кг, т	m	m(NaCl)=2,7 г
Количество вещества	моль	ν	$\nu(\text{NaCl})=0,5$ моля
Относительная атомная масса	безразмерная	A_r	$A_r(\text{Na})=23$
Относительная молекулярная масса	безразмерная	M_r	$M_r(\text{NaCl})=58,5$
Молярная масса	г/моль, кг/моль	M	$M(\text{NaCl})=58,5$ г/моль
Молярный объем	л/моль	V_M	$V_M=22,4$ л/моль
Объем вещества или раствора	л, м ³ , мл	V	$V(\text{CO}_2)=10$ м ³ , $V(\text{HCl})=300$ мл
Плотность	г/см ³ , г/мл, кг/м ³	ρ	$\rho(\text{NaOH})=1,19$ г/см ³
Относительная плотность	безразмерная	D	$D_{\text{H}_2}=22$
Массовая доля	безразмерная	ω , W	$\omega(\text{NaCl})=16\%$ $W(\text{Mg в MgO})=0,6$
Молярная концентрация	моль/л	c	0,1 М HCl
Выход продукта	%	η	$\eta(\text{SO}_2)=30\%$
Количество теплоты	Дж, кДж	Q	Q=1120 кДж
Объемная доля газа в смеси	безразмерная	ϕ	$\phi(\text{N}_2 \text{ в воздухе})=0,78$
Постоянная Авогадро	1/моль	N_A	$N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль

1. Химический элемент

Химический элемент - это определенный вид атомов. **Атом** – мельчайшая возможная частица элемента.

Атомная единица массы (а.е.м.) составляет $1/12$ массы атома углерода ^{12}C и равна $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$.

Относительная атомная масса является отношением массы атома данного элемента к $1/12$ массы атома углерода и обозначается A_r . Величины A_r безразмерны и приведены в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева.

Значения массы атома в а.е.м. и относительная масса численно совпадают.

1.1 Вычисление атомной массы элементов в относительных единицах массы и в граммах

Задача 1. Вычислите относительную атомную массу свинца, если масса атома свинца равна $3,44 \cdot 10^{-22} \text{ г}$.

Решение. По определению относительная атомная масса – это отношение массы атома данного элемента к $1/12$ массы атома углерода, равной $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$, поэтому можно записать:

$$A_r(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})_{\text{г}}}{1,66 \times 10^{-24} \text{ г}} = \frac{3,44 \times 10^{-22} \text{ г}}{1,66 \times 10^{-24} \text{ г}} = 207,2$$

Ответ: относительная атомная масса свинца 207,2.

Задача 2. Вычислите массу атома урана в а.е.м. и граммах, если его относительная атомная масса равна 238.

Решение. Масса атома в а.е.м. и относительная масса численно совпадают, поэтому масса атома урана имеет значение:

$$M(\text{U}) = 238 \text{ а.е.м.}$$

Для вычисления массы атома урана в граммах нужно относительную атомную массу умножить на массу 1 а.е.м., равную $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$.

$$m(\text{U}) = A_r(\text{U}) \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 238 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 3,95 \cdot 10^{-22} \text{ г}.$$

Задача 3. Вычислите, во сколько раз относительная атомная масса свинца больше относительной атомной массы железа.

Решение. В периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева находим относительные атомные массы свинца и железа:

$$A_r(\text{Pb}) = 207,2; \quad A_r(\text{Fe}) = 55,9$$

Проводим сравнение относительных атомных масс:

$$\frac{A_r(\text{Pb})}{A_r(\text{Fe})} = \frac{207,2}{55,9} = 3,7$$

Ответ: относительная атомная масса свинца больше относительной атомной массы железа в 3,7 раза.

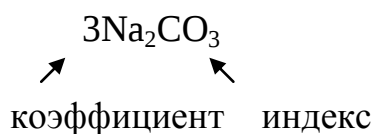
Задания для самостоятельной работы:

Пользуясь периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, определите, во сколько раз:

1. атом кальция тяжелее атома кислорода;
2. атом магния легче атома железа;
3. атом самого легкого металла – лития ($A_r = 7$) легче атома самого тяжелого металла, существующего в природе, - урана ($A_r = 238$).

2. Химические формулы

Химическая формула – это условная запись состава вещества посредством химических символов и индексов, показывающая, атомы каких элементов и в каких относительных количествах соединены между собой:



Свойство атомов присоединять определенное число других атомов называется **валентностью**.

Численные значения валентности обозначают римскими цифрами и располагают над знаками химических элементов.

Зная валентность химических элементов, можно составить химические формулы и, наоборот, по химическим формулам определять валентности элементов в их соединениях.

При определении валентности элемента по формуле следует помнить, что:

- 1) значение валентности не может быть числом дробным;
- 2) числовое значение валентности не бывает больше восьми;
- 3) некоторые химические элементы имеют переменную валентность.

Таблица 1

Валентность атомов некоторых элементов в химических соединениях

Валентность	Элементы	Примеры
<i>Элементы с постоянной валентностью</i>		
I	H, Na, K, Li	H_2O , Na_2O
II	O, Be, Mg, Ca, Ba, Zn	MgO , CaO
III	Al, B	Al_2O_3
<i>Элементы с переменной валентностью</i>		
I и II	Cu	Cu_2O , CuO
II и III	Fe, Co, Ni	FeO , Fe_2O_3
II и IV	Sn, Pb	SnO , SnO_2
III и V	P	PH_3 , P_2O_5
II, III и VI	Cr	CrO , Cr_2O_3 , CrO_3
II, IV и VI	S	H_2S , SO_2 , SO_3

1 Составление химических формул по валентности

Алгоритм

1) Записывают символы химических элементов, входящих в соединение:



2) Проставляют над химическими символами элементов их валентности:



3) Находят наименьшее общее кратное численных значений валентности:

$$3 \cdot 2 = 6 \qquad 1 \cdot 2 = 2$$

4) Делят наименьшее общее кратное на валентность соответствующего элемента и находят индексы:



5) Записывают формулы с найденными индексами при символах элементов (индекс «1» не пишется):



Задача 1. Составьте формулу соединения азота (III) и водорода.



Решение: 1) NH; 2) N H;

3) Наименьшее общее кратное $3 \cdot 1 = 3$;

4) Находим индексы: $\text{N } 3 : 3 = 1$
 $\text{H } 3 : 1 = 3$

5) Составляем формулу соединения – NH₃

Ответ: NH₃

При составлении формул кислородсодержащих кислот, оснований, солей, т.е. соединений, в состав которых входит более двух химических элементов, можно пользоваться приведенной выше схемой. При этом такие группы атомов, как OH, SO₄, SO₃, CO₃, NO₃, PO₄ и т.д., рассматриваются как единое целое, и валентность приписывается именно группе атомов в целом. Если группа атомов повторяется несколько раз, ее берут в скобки и затем подставляют индекс.

Задача 2. Составьте формулу гидроксида меди (II).



Решение: 1) Cu O; 2) Cu OH;

3) Наименьшее общее кратное $2 \cdot 1 = 2$;

4) Находим индексы: $\text{Cu } 2 : 2 = 1$
 $\text{OH } 2 : 1 = 2$

5) Составляем формулу гидроксида – $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Ответ: $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Задача 3. Составьте формулу серной кислоты.

В формулах кислот на первом месте стоит атом (несколько атомов) водорода, за ним – кислотный остаток. Валентность кислотного остатка серной кислоты (SO_4) равна 2. Валентность кислотного остатка определяется числом атомов водорода, способных замещаться на металл.

I II

Решение: 1) HSO_4 ; 2) H SO_4 ;

3) наименьшее общее кратное : $1 \cdot 2 = 2$;

4) находим индексы: **H** $2 : 1 = 2$

SO₄ $2 : 2 = 1$

5) составляем формулу кислоты - H_2SO_4

Ответ: H_2SO_4 .

Задача 4. Составьте формулу соли нитрата меди (II).

В формулах средних солей на первом месте стоит атом (несколько атомов) металла, за ним – кислотный остаток. Валентность кислотного остатка NO_3 равна 1; валентность меди – 2.

II I

Решение: 1) CuNO_3 ; 2) Cu NO_3 ;

3) наименьшее общее кратное: $2 \cdot 1 = 2$

4) находим индексы: **Cu** $2 : 2 = 1$

NO₃ $2 : 1 = 2$

5) составляем формулу соли – $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

Задания для самостоятельной работы:

1. Какова валентность элементов в соединениях, формулы которых ZnS , Cu_2S , Al_2S_3 , SnS_2 , P_2S_5 ?

2. Напишите формулы соединений с кислородом следующих элементов:
а) серебра (I); б) магния (II); в) фосфора (V); г) кремния (IV); д) алюминия (III);
е) марганца (VII); ж) серы (VI); з) осмия (VIII).

3. Фосфор образует с хлором соединения состава PCl_4 и PCl_5 . Напишите формулы оксидов фосфора, в которых фосфор проявляет такие же значения валентности, как в указанных соединениях с хлором.

2.2 Определение валентности по формуле

Алгоритм

1) Записывают химическую формулу и обозначают валентность известного элемента:

II



2) Находят общее число единиц валентности известного элемента, перемножив его валентность и индекс:

$$2 \cdot 5 = 10$$

3) Делят общее число валентности на индекс элемента с неизвестной валентностью. В данном случае неизвестна валентность фосфора; ему соответствует индекс 2:

$$10 : 2 = 5$$

4) Проставляют полученное частное римской цифрой над этим элементом как его валентность:



Задача 1. Определите валентность алюминия в соединении Al_2O_3 ; кислород всегда двухвалентен.

II

Решение: 1) Al_2O_3

2) Находим общее число единиц валентности известного элемента, перемножив его валентность и индекс:

$$2 \cdot 3 = 6$$

3) Делим общее число валентности на индекс элемента с неизвестной валентностью. В данном случае неизвестна валентность алюминия; ему соответствует индекс 2:

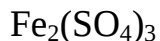
$$6 : 2 = 3$$

4) Проставляем полученное частное римской цифрой над этим элементом как его валентность:



Более сложной является задача определения валентности элемента в соединениях, содержащих более двух химических элементов.

Алгоритм



1) Известны валентности кислорода O (II) и кислотного остатка SO_4 (II).

2) Определяют валентность железа. Для этого: а) вычисляют общее число единиц валентности кислотного остатка, умножая его валентность на индекс

$$2 \cdot 3 = 6$$

б) делят полученное число на индекс атома железа:

$$6 : 2 = 3$$

Это число и есть валентность железа, она равна 3.

3) Чтобы определить валентность атома серы, поступают следующим образом:

а) определяют общее число атомов кислорода (4 атома в каждом кислотном остатке, кислотных остатков три):

$$4 \cdot 3 = 12$$

б) вычисляют общее число единиц валентности кислорода:

$$2 \cdot 12 = 24$$

в) вычисляют общее число единиц валентности железа:

$$3 \cdot 2 = 6$$

г) отнимают общее число единиц валентности железа от общего числа единиц валентности кислорода:

$$24 - 6 = 18$$

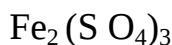
д) делят полученную разность на число атомов серы; их три (по одному в каждом кислотном остатке):

$$18 : 3 = 6$$

Валентность серы равна 6.

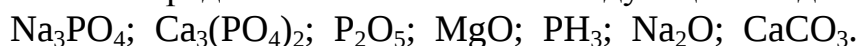
4) Проставляют полученные валентности:

III VI II



Задания для самостоятельной работы:

1. Определите валентности в следующих соединениях:



2. В соединении кремния с водородом на 1 г водорода приходится 7 г кремния. Относительная атомная масса кремния 28. Какова формула этого соединения и валентность кремния в нем?

3. Определите валентности атомов в химических формулах: PH_3 ; CH_4 ; SO_3 ; Cl_2O_7 .

2.3 Вычисление относительной молекулярной массы вещества

Относительная молекулярная масса вещества обозначается M_r и равна сумме относительных атомных масс элементов, образующих соединение, с учетом числа атомов.

Алгоритм

1) Определите по таблице Менделеева относительные атомные массы всех элементов. Входящих в состав соединения. При расчетах значения относительной атомной массы округляются до целых чисел. Исключение составляет хлор, значение атомной массы которого обычно округляется до 35,5.

2) Вычислите относительную молекулярную массу, зная, что она равна сумме относительных масс всех атомов в молекуле.

3) Молярная масса численно равна относительной молекулярной массе вещества.

Задача 1. Вычислите относительную молекулярную массу серной кислоты H_2SO_4 .

Решение: $A_r(\text{H}) = 1$; $A_r(\text{S}) = 32$; $A_r(\text{O}) = 16$

Рассчитываем относительную молекулярную массу, учитывая, что в соединение входит два атома водорода, четыре атома кислорода:

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = A_r(\text{H}) \cdot 2 + A_r(\text{S}) + A_r(\text{O}) \cdot 4 = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98.$$

Задача 2. Вычислите относительную молекулярную массу соединения $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Решение: Относительная молекулярная масса такого соединения равна сумме относительных молекулярных масс сульфата меди и пяти молекул воды:

$$M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M_r(\text{CuSO}_4) + 5 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}) = [A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{S}) + A_r(\text{O}) \cdot 4] + 5 \cdot [A_r(\text{H}) \cdot 2 + A_r(\text{O})] = (64 + 32 + 16 \cdot 4) + 5 \cdot (1 \cdot 2 + 16) = 160 + 5 \cdot 18 = 250.$$

Ответ: $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250$.

Задания для самостоятельной работы:

1. Вычислите относительные молекулярные массы следующих веществ: а) соды – Na_2CO_3 ; б) мочевины – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; в) малахита – $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$.

2. Вычислите относительную молекулярную массу соединения $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

3. Углерод образует соединение с водородом, относительная молекулярная масса которого точно такая же, как относительная атомная масса кислорода. Напишите формулу этого соединения.

2.4 Расчет массовой доли элемента в соединении

Массовая доля элемента (W) показывает, какую долю (часть) составляет масса данного элемента от всей массы вещества:

$$W = \frac{n \times A_r}{M_r}, \text{ где } A_r - \text{относительная атомная масса элемента; } n - \text{число}$$

атомов данного элемента в соединении; M_r – относительная молекулярная масса соединения, в которое входит данный элемент.

Массовая доля выражается в долях от единицы или в процентах. Сумма массовых долей всех элементов в соединении равна 1 или 100%.

Алгоритм

1) По таблице Менделеева определите относительные атомные массы элементов, входящих в состав соединения.

2) Рассчитайте относительную молекулярную массу соединения.

3) По основной формуле рассчитайте массовые доли элементов.

Задача 1. Вычислите массовые доли элементов в соединении $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

Дано: $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

Найти: $W(\text{Mg}) = ?$

$W(\text{P}) = ?$

$W(\text{O}) = ?$

Решение:

$$A_r(\text{Mg}) = 24; \quad A_r(\text{P}) = 31; \quad A_r(\text{O}) = 16$$

$$M_r(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 24 \cdot 2 + 31 \cdot 2 + 16 \cdot 7 = 222$$

$$W(\text{Mg}) = \frac{2A_r(\text{Mg})}{M_r(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)} = \frac{2 \times 24}{222} = 0,216 \text{ или } 21,6\%$$

$$W(\text{P}) = \frac{2A_r(\text{P})}{M_r(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)} = \frac{2 \times 31}{222} = 0,279 \text{ или } 27,9\%$$

$$W(\text{O}) = \frac{7A_r(\text{O})}{M_r(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)} = \frac{7 \times 16}{222} = 0,505 \text{ или } 50,5\%$$

$$\text{Проверка: } 0,216 + 0,279 + 0,505 = 1 \text{ или } 21,6\% + 27,9\% + 50,5\% = 100\%$$

Ответ: элементный состав $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$: $W(\text{Mg}) = 0,216$ (21,6%); $W(\text{P}) = 0,279$ (27,9%); $W(\text{O}) = 0,505$ (50,5%).

Задания для самостоятельной работы:

1. Вычислите массовую долю фосфора в фосфате кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
2. В каком соединении массовая доля железа больше – в оксиде железа (II) или оксиде железа (III)?
3. Определите, какое из соединений цинка – ZnS или ZnCO_3 – богаче цинком.

2.5 Вычисление массовых отношений химических элементов в сложном веществе

Массовые отношения элементов находят по относительным атомным массам и числу атомов, входящих в состав химического соединения:

$m(\text{Э}_1) : m(\text{Э}_2) \dots = A_r(\text{Э}_1) \cdot n_1 : A_r(\text{Э}_2) \cdot n_2 \dots$, где $A_r(\text{Э}_1)$, $A_r(\text{Э}_2) \dots$ - относительные атомные массы элементов Э_1 , $\text{Э}_2 \dots$, образующих вещество; n_1 , $n_2 \dots$ - число атомов элементов Э_1 , Э_2 в данном соединении.

Алгоритм

- 1) По таблице Менделеева определите относительные атомные массы элементов
- 2) Составьте отношение атомных масс
- 3) Упростите отношение

Задача 1. Определите массовое отношение элементов в сульфате кальция CuSO_4 .

Решение: находим относительные атомные массы элементов:

$$A_r(\text{Cu}) = 64; \quad A_r(\text{S}) = 32; \quad A_r(\text{O}) = 16$$

Составляем отношение атомных масс:

$$m(\text{Cu}) : m(\text{S}) : m(\text{O}) = 64 : 32 : (16 \cdot 4) = 64 : 32 : 64$$

Упростим отношение, сократив числа на 32:

$$m(\text{Cu}) : m(\text{S}) : m(\text{O}) = 2 : 1 : 2$$

Ответ: массовое отношение элементов в сульфате кальция $\text{Cu} : \text{S} : \text{O}$ равна $2 : 1 : 2$.

Задания для самостоятельной работы:

1. Найти массовые отношения между элементами в нитрате натрия NaNO_3 .
2. Найдите отношение масс элементов в гидроксиде магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
3. Найдите отношение масс элементов в Na_2SiO_3 .

3. Количество вещества. Моль. Молярная масса. Число Авогадро.

Моль – это единица количества вещества, содержащая столько же частиц (атомов, молекул, ионов, электронов), сколько атомов содержится в 12 г углерода.

Число частиц, которое содержит один моль любого вещества, равно $6,02 \cdot 10^{23}$. Это число называется постоянной или **числом Авогадро** (в честь итальянского ученого А. Авогадро), обозначается N_A и имеет размерность 1/моль.

Молярная масса (М) – это масса одного моля вещества; она численно равна относительной молекулярной массе и имеет размерность г/моль.

Количество молей (ν) в веществе, содержащем N частиц, определяется по формуле:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}, \text{ где } m - \text{масса вещества, г; } M - \text{молярная масса, г/моль.}$$

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

Единица СИ молярной массы – кг/моль, однако обычно используется единица г/моль. Единица массы – г, кг. Единица СИ количества вещества – моль.

Задача 1. Какое количество вещества алюминия содержится в образце этого металла массой 10,8 г?

Решение: Способ 1

Находим молярную массу алюминия:

$$A_r(\text{Al}) = 27$$

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$$

Для вычисления количества вещества алюминия в образце воспользуемся формулой, приведенной выше:

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{Al}) = \frac{10,8}{27} = 0,4 \text{ моль}$$

Ответ: $\nu(\text{Al}) = 0,4$ моля

Способ 2

Находим молярную массу алюминия:

$$A_r(\text{Al}) = 27$$

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$$

Составляем пропорцию и проводим вычисления:

27 г Al составляет 1 моль

10,8 г - х моль

$$\frac{10,8 \times 1}{27} = 0,4$$

$\nu(\text{Al}) = 0,4$ моля

Ответ: в 10,8 г алюминия содержится 0,4 моля.

Задача 2. Вычислите количество вещества в 2,5 л азота (N_2); плотность азота примите равной 1,25 г/л.

Решение: Находим молекулярную массу азота:

$$M_r(\text{N}_2) = 14 \cdot 2 = 28$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль}$$

Азот – газ; его массу можно найти через объем (V) и плотность (ρ) по формуле:

$$m = V \cdot \rho; \quad m(\text{N}_2) = 2,5 \cdot 1,25 = 3,13 \text{ г}$$

Вычисляем количество вещества:

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{N}_2) = \frac{3,13}{28} = 0,11 \text{ моль}$$

Ответ: в 2,5 л азота содержится 0,11 моля вещества.

Задача 3. Определите массу карбоната натрия количеством вещества 0,25 моль.

Решение: Находим молярную массу карбоната натрия:

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 M(\text{Na}) + M(\text{C}) + 3 M(\text{O});$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16) \text{ г/моль} = 106 \text{ г/моль}$$

Для вычисления используем формулу

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \text{Преобразуем ее в вид } m = \nu \cdot M$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,25 \cdot 106 \text{ г} = 26,5 \text{ г}$$

Ответ: масса 0,25 молей Na_2CO_3 равна 26,5 г. (можно решить по способу 2).

Задача 4. Сколько структурных единиц (молекул) содержится в молекулярном иоде массой 50,8 г?

Решение: Способ 1

Находим молярную массу иода:

$$M_r(\text{I}_2) = 127 \cdot 2 = 254; \quad M(\text{I}_2) = 254 \text{ г/моль}$$

Определяем количество вещества молекулярного иода:

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{I}_2) = \frac{50,8}{254} = 0,2 \text{ моль}$$

Определяем число структурных единиц (молекул) иода, используя постоянную Авогадро N_A :

$$\nu = \frac{N}{N_A}; \quad N(\text{I}_2) = \nu(\text{I}_2) \cdot N_A = 0,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,2 \cdot 10^{23}.$$

Ответ: 50,8 г I₂ содержат $1,2 \cdot 10^{23}$ молекул.

Способ 2.

Находим молярную массу I₂:

$$M_r(I_2) = 127 \cdot 2 = 254; \quad M(I_2) = 254 \text{ г/моль}$$

Для вычисления числа молекул воспользуемся формулой:

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M};$$

$$\text{Преобразуем ее в вид: } N = \frac{N_A \times m}{M};$$

$$N(I_2) = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 50,8}{254} = 1,2 \times 10^{23} \text{ молекул}$$

Задания для самостоятельной работы:

1. Масса какого количества вещества больше: 2 молей KMnO₄ или 3 молей H₃PO₄?
2. Определите массу иодида натрия NaI количеством вещества 0,6 моль.
3. Сколько атомов фосфора содержится в тетрафосфоре P₄ массой 155 г?

4. Газы. Закон Авогадро

Закон Авогадро: в равных объемах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул.

Любое вещество в количестве 1 моль содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул. Следовательно, при одинаковых условиях 1 моль любого газа занимает одинаковый объем. Этот объем называют **молярным объемом газа (V_м)**. При нормальных условиях (p = 1 атм. = 101 325 Па ≈ 101,3 кПа; T = 273 К) 1 моль газа занимает объем 22,4 л.

Молярный объем газа V_м находят из отношения объема газа V (при н.у.) к соответствующему количеству вещества ν:

$$V_m = \frac{V}{\nu}, \text{ л/моль}$$

Если известны молярная масса M и молярный объем газа V_м, можно рассчитать его плотность по уравнению:

$$\rho = \frac{M}{V_m}, \quad M = \rho \cdot V_m = 22,4 \cdot \rho$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}, \text{ где } N_1, N_2 - \text{коэффициенты в уравнении реакции; } V_1, V_2 -$$

объемы газообразных веществ

При проведении расчетов надо следить за пропорциональностью единиц измерения. Если масса газа выражена в граммах, объем выражается в литрах; если масса дана в килограммах, объем нужно выражать в кубических метрах.

4.1 Задачи с использованием молярного объема газообразных веществ

Задача 1. Определите объем (при н.у.), занимаемый 6,8 г сероводорода.

Решение: Находим относительную молекулярную и молярную массы сероводорода:

$$M_r(\text{H}_2\text{S}) = 1 \cdot 2 + 32 = 34$$

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль}$$

Находим объем, занимаемый данной массой.

Способ 1. Составляем пропорцию:

34 г H_2S занимает объем 22,4 л

6,8 г H_2S — х л

$$\frac{34}{6,8} = \frac{22,4}{x}$$

$$x = \frac{6,8 \times 22,4}{34} = 4,48$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 4,48 \text{ л}$$

Способ 2. Воспользуемся формулами:

$$V_M = \frac{V}{\nu} \quad (1); \quad \nu = \frac{m}{M} \quad (2)$$

Рассчитаем количество вещества, соответствующее 6,8 г H_2S :

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{H}_2\text{S}) = \frac{6,8}{34} = 0,2(\text{моль})$$

Определим объем, соответствующий 0,2 моля H_2S :

$$V = V_M \cdot \nu = 22,4 \cdot 0,2 = 4,48 \text{ (л)}$$

Способ 3. Подставим в формулу (1) выражение ν через массу и молярную массу (2), а вместо V_M – молярный объем газа, равный 22,4 л/моль.. При этом получим такую формулу для расчета объема газа по его массе:

$$V = 22,4 \cdot \frac{m}{M}$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 22,4 \cdot \frac{6,8}{34} = 4,48(\text{л})$$

Задача 2. Рассчитайте объем (при н.у.), занимаемый смесью, состоящей из 6 г водорода и 14,2 г хлора.

Дано: $m(\text{H}_2) = 6 \text{ г}$

$m(\text{Cl}_2) = 14,2 \text{ г}$

Найти: $V(\text{H}_2 + \text{Cl}_2) = ?$

Решение (способ 3):

$$M_r(\text{H}_2) = 1 \cdot 2 = 2$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{Cl}_2) = 35,5 \cdot 2 = 71$$

$$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$$

$$V = 22,4 \cdot \frac{m}{M}$$

$$V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot \frac{6}{2} = 67,2(\text{л})$$

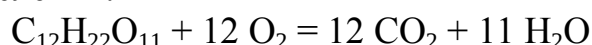
$$V(\text{Cl}_2) = 22,4 \cdot \frac{14,2}{71} = 4,48(\text{л})$$

$$V(\text{H}_2 + \text{Cl}_2) = 67,2 + 4,48 = 71,68(\text{л})$$

Ответ: $V(\text{H}_2 + \text{Cl}_2) = 71,68 \text{ л}$.

Задача 3. Вычислите, сколько литров оксида углерода (IV) образуется при полном окислении 85,5 г сахарозы (н.у.).

Решение: Молекулярная формула сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Уравнение реакции окисления:



Найдем молярную массу сахарозы и вычислим ее количество вещества:

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12 \cdot 12 + 1 \cdot 22 + 16 \cdot 11 = 342 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})} = \frac{85,5\text{г}}{342\text{г/моль}} = 0,25\text{моль}$$

По уравнению реакции из 1 моль сахарозы образуется 12 моль оксида углерода (IV). Пусть из 0,25 моль сахарозы образуется x моль оксида углерода (IV). Составим пропорцию:

$$\frac{1}{12} = \frac{0,25}{x}; \quad x = \frac{0,25 \times 12}{1} = 3\text{моль}$$

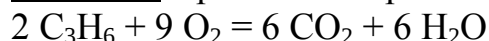
Вычислим объем оксида углерода (IV):

$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_M = 3 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 6,72 \text{ л}$$

Ответ: Выделится 6,72 л оксида углерода (IV).

Задача 4. Сколько литров воздуха потребуется для сжигания 50 л пропилена (н.у.)?

Решение: Уравнение горения пропилена:



Воспользуемся следствием из закона Авогадро: объемные соотношения газов равны их молярным соотношениям. По уравнению реакции для сжигания 2 моль пропилена необходимо 9 моль кислорода. Пусть для сжигания 50 л пропилена необходимо x л кислорода.

$$\text{Составим пропорцию: } \frac{2}{9} = \frac{50}{x}; \quad x = \frac{50 \times 9}{2} = 225\text{л}$$

Необходимо 225 л кислорода. В воздухе содержится около 21% кислорода, или 0,21. Вычислим объем воздуха, необходимый для сжигания пропилена:

$$c(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_{\text{возд.}}}; \quad V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{c(\text{O}_2)} = \frac{225\text{л}}{0,21} \approx 1071\text{л}$$

Ответ: Необходимо 1071 л воздуха.

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитайте объем (при н.у.), занимаемый 8 кг метана.

2. В качестве горючих газов при сварке и резке металлов применяют ацетилен, водород, пропан, нефтяные газы, а также пары керосина. Вычислить объем ацетилена количеством вещества 0,3 моль.

3. Сколько литров газа выделилось, если на 32,3 г глицерина подействовали металлическим натрием, взятым в избытке (н.у)?

5. Нахождение молекулярной формулы вещества

5.1 Нахождение химической формулы вещества, если известно содержание в нем элементов в массовых долях или в процентах

Задача 1. Массовые доли серы и кислорода в оксиде серы равны соответственно 40 и 60%. Определите простейшую формулу этого оксида.

Решение: Способ 1

Находим относительные атомные массы элементов:

$$A_r(S) = 32; \quad A_r(O) = 16$$

Разделите численные значения массовых долей (или процентов) химических элементов на их относительные атомные массы, находим отношение числа атомов:

$$\frac{40}{32}(S) : \frac{60}{16}(O) = 1,25 : 3,75$$

Принимаем наименьшее число (1,25) за единицу и делим на него полученные числа:

$$x : y = 1 : 3$$

Составляем формулу вещества: SO_3

Ответ: формула вещества SO_3 .

Способ 2

Для расчетов выбираем массу оксида, равную 100 г, т.е. $m(\text{оксида}) = 100$ г. Тогда масса серы и кислорода будут равны:

$W(X) = \frac{m(X)}{m}$, где $W(X)$ – массовая доля вещества; $m(X)$ – масса вещества X ; m – масса всей системы. Массовая доля – безразмерная величина. Ее выражают в долях от единицы или в процентах. Например, массовая доля атомного кислорода составляет 0,42 или 42%, т.е. $w(O)=0,42$. Массовая доля атомного хлора в хлориде натрия составляет 0,607 или 60,7%, т.е. $w(Cl)=0,607$.

$$m(S) = m(\text{оксида}) \cdot w(S); \quad m(S) = 100 \cdot 0,4 = 40 \text{ г}$$

$$m(O) = m(\text{оксида}) \cdot w(O); \quad m(O) = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ г}$$

Количества веществ атомных серы и кислорода составят:

$$\nu(S) = \frac{m(S)}{M(S)}; \quad \nu(S) = \frac{40}{32} \text{ моль} = 1,25 \text{ моль}$$

$$\nu(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \quad \nu(O) = \frac{60}{16} \text{ моль} = 3,75 \text{ моль}$$

Находим отношение количеств веществ серы и кислорода:

$$n(\text{S}) : n(\text{O}) = 1,25 : 3,75$$

Разделив правую часть равенства на меньшее число (1,25), получаем

$$n(\text{S}) : n(\text{O}) = 1 : 3,$$

т.е. простейшая формула соединения SO_3 .

Задания для самостоятельной работы:

1. Найти формулу соединения, содержащего 32,43% натрия, 22,55% серы и 45,02% кислорода.

2. Известно, что вещество состоит из 0,377 массовых долей натрия, 0,230 массовых долей кремния и 0,393 массовых долей кислорода. Выведите химическую формулу вещества.

3. Некоторая кислота содержит водород (массовая доля 2,2%), иод (55,7%) и кислород (42,1%). Определите простейшую формулу этой кислоты.

5.2 Нахождение химических формул по массовым отношениям элементов, входящих в состав данного вещества

Задача 1. Найдите химическую формулу вещества, в состав которого входит 7 массовых частей азота и 16 массовых частей кислорода.

Решение: Находим относительные атомные массы элементов:

$$A_r(\text{N}) = 14; \quad A_r(\text{O}) = 16$$

Разделив численные значения массовых частей химических элементов на их относительные атомные массы, находим отношение числа атомов:

$$x : y = \frac{7}{14}(\text{N}) : \frac{16}{16}(\text{O}) = 0,5 : 1 = 1 : 2$$

Составляем формулу вещества: NO_2

Ответ: химическая формула вещества NO_2 .

Задача 2. Массовые отношения кальция, углерода и кислорода в соединении равны соответственно 10:3:12. Какова химическая формула этого соединения?

Решение: Находим относительные атомные массы элементов:

$$A_r(\text{Ca}) = 40; \quad A_r(\text{C}) = 12; \quad A_r(\text{O}) = 16$$

Разделив численные значения массовых частей химических элементов на их относительные атомные массы, находим отношение числа атомов:

$$x : y : z = \frac{10}{40}(\text{Ca}) : \frac{3}{12}(\text{C}) : \frac{12}{16}(\text{O}) = 0,25 : 0,25 : 0,75$$

Разделив правую часть равенства на меньшее число (0,25), получаем

$$x : y : z = 1 : 1 : 3,$$

т.е. простейшая формула соединения CaCO_3 .

Задания для самостоятельной работы:

1. Зная относительные атомные массы элементов, составьте химическую формулу сульфата меди, если массовые отношения в нем меди, серы и кислорода соответственно равны 2:1:2.

2. Выведите химическую формулу вещества, если известно, что: а) в метане углерод и водород соединены в массовом отношении 3:1; б) медь и кислород в оксиде меди соединены в массовом отношении 4:1.

5.3 Нахождение химической формулы вещества, если известно содержание в нем элементов в массовых долях или в процентах и указана плотность или относительная плотность данного вещества в газообразном состоянии

По относительной плотности (**D**) можно вычислить молярную массу (**M**).

Обычно плотность газа определяют по отношению к самому легкому газу – водороду (D_{H_2}). Молекула водорода состоит из двух атомов: $(D_{H_2}) = \frac{M}{2}$, где **M** – молярная масса исследуемого газа, число 2 – молярная масса водорода, (D_{H_2}) – плотность данного газа по водороду.

Если определяют плотность по другому газу, то вместо молярной массы водорода (т.е. числа 2) берут молярную массу этого газа. Так, например, если определяют плотность данного газа по кислороду или по воздуху, то получают следующие выражения:

$$(D_{O_2}) = \frac{M}{32}, \quad D_{\text{воздуха}} = \frac{M}{29}, \quad \text{где число 29 – средняя молярная масса воздуха}^*.$$

* Средний молекулярный вес воздуха легко вычислить, если учесть, что он состоит приблизительно из 4 объемов N_2 и 1 объема O_2 , т. е. $4 N_2 + O_2$. Тогда

$$M_B = \frac{4 \times 28 + 1 \times 32}{4 + 1} = 28,8 (\text{округленно } 29)$$

Определение молекулярных весов показало, что молекулы простых газов состоят из двух атомов (H_2, F_2, Cl_2, O_2, N_2), а каждая молекула так называемых инертных газов состоит из одного атома (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Для инертных газов понятия молекула и атом равнозначны.

Из одного атома состоят молекулы металлов. Однако молекулы некоторых других простых веществ состоят из трех и более атомов, например, озона O_3 , фосфора P_4 , паров серы при невысоких температурах S_8 .

Используемые формулы:

$$v = \frac{m}{M}; \quad v = \frac{V}{V_m}; \quad \rho = \frac{M}{V_m}; \quad n = \frac{\omega \times M_r}{A_r}$$

V_m – молярный объем газа – постоянная величина для любого газа при данных условиях. Молярный объем газов при нормальных условиях (нормальном давлении $p = 101\,325 \text{ Па} \approx 101,3 \text{ кПа}$ (1 атм (760 мм рт. ст.)) и температуре $T = 273,15 \text{ К} \approx 273 \text{ К}$ (0°C)) составляет $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$.

Задача 1. Выведите формулу вещества, массовая доля (в %) углерода в котором 92,3%, а водорода 7,7%. Плотность паров по водороду равна 13.

Дано:

$$\omega(C) = 92,3\% (0,923)$$

$$\omega(H) = 7,7\% (0,077)$$

$$(D_{H_2}) = 13$$

C_xH_y ?

Решение: Зная плотность газа по водороду, найдем его молярную массу:

$$(D_{H_2}) = \frac{M}{2 \text{ г/моль}}, \quad M = (D_{H_2}) \cdot 2 \text{ г/моль} = 13 \cdot 2 = 26 \text{ г/моль}$$

Зная молярную массу вещества рассчитаем количество атомов углерода и водорода по формуле:

$$n(C) = \frac{\omega(C) \times M_r}{A_r} = \frac{0,923 \times 26}{12} = 2$$

$$n(H) = \frac{\omega(H) \times M_r}{A_r} = \frac{0,077 \times 26}{1} = 2$$

Ответ: формула вещества C_2H_2 .

Задача 2. Определите молекулярную формулу углеводорода, если массовая доля углерода в нем равна 82,8%, а плотность этого вещества составляет 2,59 г/л.

Дано:

$$\omega(C) = 82,8\% (0,828)$$

$$\rho = 2,59 \text{ г/л}$$

C_xH_y - ?

Решение: $\rho = \frac{M}{V_m}$; $M = \rho \cdot V_m = 2,59 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 58 \text{ г/моль}$.

$$n(C) = \frac{\omega(C) \times M_r}{A_r} = \frac{0,828 \times 58}{12} = 4$$

Массовая доля водорода в веществе составляет $100\% - 82,8\% = 17,2\%$ (0,172)

$$n(H) = \frac{\omega(H) \times M_r}{A_r} = \frac{0,172 \times 58}{1} = 10$$

Ответ: формула вещества C_4H_{10} .

Задания для самостоятельной работы:

1. В качестве горючих газов при сварке и резке, кроме ацетилена, применяют и другие газы. Выведите формулу вещества, используемого в сварке, массовая доля (в %) углерода в котором 82%, а водорода 18%. Плотность паров по водороду равна 22.

2. Углеводород содержит 81,82% углерода. Масса 1 л этого углеводорода (н.у.) составляет 1,964 г. Найдите молекулярную формулу углеводорода.

3. Органическое вещество, в котором массовая доля углерода составляет 0,6206, водорода – 0,1032, кислорода – 0,2758, имеет относительную плотность паров по воздуху, равную 2. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

5.4 Нахождение молекулярной формулы органического соединения по массе (объему) продуктов сгорания

Алгоритм

- 1) По данным задачи вычислите количество анализируемого вещества и его молярную массу
- 2) Вычислите количество вещества полученных оксида углерода (IV) и воды
- 3) Определите число атомов водорода и углерода в формуле вещества
- 4) Определите, есть ли в молекуле атомы кислорода, и окончательно установите формулу вещества

Задача 1. При сжигании 2,8 г неизвестного газа получили 8,8 г оксида углерода (IV) и 3,6 г воды. Найдите молекулярную формулу этого газа, если его плотность по водороду равна 14.

Дано:

$$m_{\text{газа}} = 2,8 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 8,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 3,6 \text{ г}$$

$$(D_{\text{H}_2}) = 14$$

$$\text{C}_x\text{H}_y - ?$$

Решение: Способ 1.

Зная плотность газа по водороду, найдем его молярную массу:

$$(D_{\text{H}_2}) = \frac{M}{2}, \quad M = (D_{\text{H}_2}) \cdot 2 \text{ г/моль} = 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль}$$

Вычислим количество вещества воды и оксида углерода (IV), образовавшихся при сжигании углеводорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{8,8 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

В молекуле воды 2 атома водорода, значит в исходном веществе содержалось $0,2 \cdot 2 = 0,4$ моль атомов водорода. В молекуле оксида углерода один атом углерода, значит в исходном веществе содержалось 0,2 моль атомов углерода. Поскольку было взято 0,1 моль вещества, то в 1 моль содержится 4 моль атомов водорода и 2 моль атомов углерода, формула вещества C_2H_4 .

Ответ: формула газа C_2H_4 .

Способ 2.

Зная плотность газа по водороду, найдем его молярную массу:

$$(D_{\text{H}_2}) = \frac{M}{2}, \quad M = (D_{\text{H}_2}) \cdot 2 \text{ г/моль} = 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль}$$

А. Сколько граммов углерода содержалось в навеске? Молекулярная масса CO_2 равна 44, из них на долю углерода приходится 12. Исходя из этого, находим, что в образовавшемся количестве CO_2 содержится углерода:

$$44 - 12$$

$$8,8 - x, \text{ следовательно } x = \frac{8,8 \times 12}{44} = 2,42$$

По отношению к взятой навеске это составляет:

$$2,8 \text{ г} - 2,4$$

$$100 - x. \quad \text{Отсюда: } x = \frac{100 \times 2,4}{2,8} = 85,7\%$$

Б. Сколько граммов водорода содержалось в навеске? Молекулярная масса воды – 18, из них на водород приходится 2. Следовательно, вес водорода в навеске равен:

$$18 - 2$$

$$3,6 - x \quad x = \frac{3,6 \times 2}{18} = 0,4,$$

что составляет по отношению к навеске:

$$2,8 - 0,4$$

$$100 - x \quad x = \frac{100 \times 0,4}{2,8} = 14,3 \%$$

В. Зная плотность газа по водороду, найдем его молярную массу:

$$(D_{H_2}) = \frac{M}{2 \text{ г/моль}}, \quad M = (D_{H_2}) \cdot 2 \text{ г/моль} = 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль}$$

Г. Рассчитаем количество атомов углерода и водорода:

$$n(C) = \frac{\omega(C) \times M_r}{A_r} = \frac{0,857 \times 28}{12} = 2$$

$$n(H) = \frac{\omega(H) \times M_r}{A_r} = \frac{0,143 \times 28}{1} = 4$$

Ответ: формула газа C_2H_4 .

Задания для самостоятельной работы:

1. При сжигании 2,52 г органического соединения выделилось 7,92 г оксида углерода (IV) и 3,24 г воды. Относительная плотность этого вещества по воздуху равна 2,9. выведите молекулярную формулу этого органического соединения.

2. При сгорании 4,4 г углеводорода образовалось 6,72 л оксида углерода (IV) (н.у.) и 7,2 г воды. Плотность этого вещества равна 1,97 г/л. Определите его молекулярную формулу.

3. При сжигании 93 г вещества получили 67,2 л оксида углерода (IV) (н.у.), 135 г воды и азот. Относительная плотность этого вещества по водороду равна 15,5. Определите молекулярную формулу вещества.

6. Вычисления по уравнениям химических реакций

6.1 Расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ взято в избытке

Алгоритм

- 1) Рассчитайте, какое из исходных веществ дано в избытке, а какое в недостатке ($\nu = \frac{m}{M}$)
- 2) Расчет продукта реакции проводят по веществу, которое вступило в реакцию полностью

Задача 1. Какое количество вещества соли получится при взаимодействии 33,3 г хлорида кальция и 16,4 г фосфата натрия?

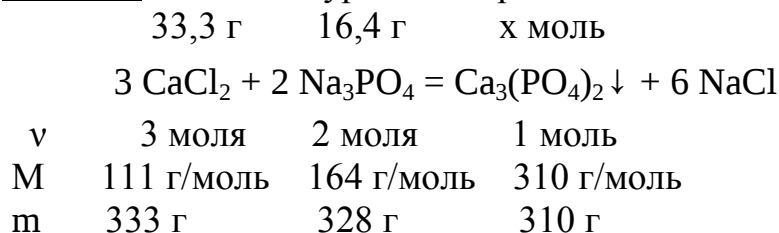
Дано:

$$m(\text{CaCl}_2) = 33,3 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 16,4 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = ?$$

Решение: Запишем уравнение реакции



Из уравнения реакции следует, что отношение молей хлорида кальция и фосфата натрия, вступающих в реакцию, равно:

$$\nu(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{33,3}{111} = 0,3(\text{моль})$$

$$\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{Na}_3\text{PO}_4)}{M(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = \frac{16,4}{164} = 0,1(\text{моль})$$

$$\nu(\text{CaCl}_2) : \nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,3 : 0,1$$

Чтобы прореагировал весь хлорид кальция, требуется 0,2 моля фосфата натрия, а по условию задачи взято 0,1 моля. Следовательно, хлорид кальция в избытке; расчет проводим по фосфату натрия, который полностью вступил в реакцию.

Составляем отношение:

$$\frac{16,4}{328} = \frac{x}{1}; \quad x = \frac{16,4 \times 1}{328} = 0,05$$

$$\nu(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,056 \text{ моля}$$

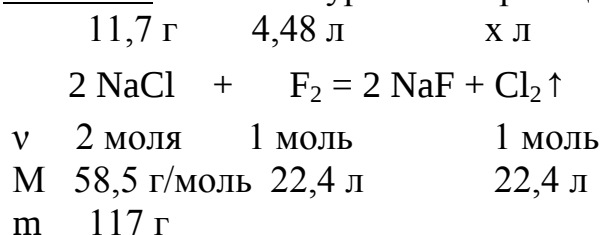
Ответ: Образуется 0,05 моля $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Задача 2. Какой объем газа (н.у.)* выделится при взаимодействии 11,7 г хлорида натрия с 4,48 л фтора?

* При вычислении объемов газов при нормальных условиях удобно пользоваться соотношениями:

миллиграмм – молекула	занимает объем	22,4 мл;
грамм – молекула (моль)		22,4 л;
килограмм – молекула (кмоль)		22,4 м ³ ;
тонна – молекула		22400 м ³

Решение: Составим уравнение реакции:



Из уравнения реакции следует, что

$$\nu(\text{NaCl}) : \nu(\text{F}_2) = 2 : 1$$

По условию задачи:

$$\nu(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{11,7}{117} = 0,1(\text{моль})$$

$$\nu(\text{F}_2) = \frac{V(\text{F}_2)}{V_M} = \frac{4,48}{22,4} = 0,2(\text{моль})$$

$$\nu(\text{NaCl}) : \nu(\text{F}_2) = 0,1 : 0,2$$

Из расчета следует, что фтор взят в избытке; проводим вычисления по хлориду натрия.

Составляем отношение:

$$\frac{11,7}{117} = \frac{x}{22,4} ; \quad x = \frac{11,7 \times 22,4}{117} = 2,24$$

$$V(\text{Cl}_2) = 2,24 \text{ л}$$

Ответ: выделится 2,24 л хлора.

Если в условии задачи даны массы (или объемы) двух реагирующих веществ, это явный признак «задачи на избыток». Не делайте типичной ошибки: не начинайте вычислять количество продукта реакции по количеству первого попавшегося исходного вещества, а выясните, какое из них находится в избытке. Это называется, кстати, умением анализировать условие задачи.

Задания для самостоятельной работы:

1. Смесь, состоящую из 5 л этилена и 3 л водорода, пропустили через никелевый катализатор. Какой объем этана при этом образовался? (Объемы газов измерены при н.у.)

2. Фенол массой 4,7 г прореагировал с 25 г брома. Каковы массы продуктов реакции?

3. Какой объем ацетилена (н.у.) выделится при взаимодействии 13 г карбида кальция и 7,2 г воды? Какое вещество взято в избытке?

6.2 Расчеты по уравнениям химических реакций, в которых исходное вещество содержит примеси

Алгоритм

- 1) Составьте уравнение реакции
- 2) Вычислите массу чистого вещества в растворе, сплаве и т.д.
Далее алгоритм точно такой же, как в простых задачах.
- 3) Рассчитайте молекулярную массу вещества, данного в условии.
- 4) Вычислите его количество вещества.
- 5) По уравнению реакции найдите количество вещества, массу (или объем которого) нужно определить. При необходимости для этого составляется пропорция:

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

N_1, N_2 – коэффициенты в уравнении реакции

ν_1, ν_2 – количества двух веществ

- 6) Рассчитайте молярную массу искомого вещества

- 7) Вычислите его массу или объем, если это газообразное вещество

Основные формулы: $\omega(\text{примеси}) = \frac{m(\text{примеси})}{m(\text{вещества})}$

$$m(\text{примеси}) = \omega(\text{примеси}) \cdot m(\text{вещества})$$

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu = \frac{V}{V_M}$$

Задача 1. При взаимодействии концентрированной серной кислоты с 22 г серебра выделилось 2,24 л оксида серы (IV) (н.у.). Определите процентное содержание примесей в серебре.

Дано:

$$m(\text{Ag}) = 22 \text{ г}$$

$$V(\text{SO}_2) = 2,24 \text{ л}$$

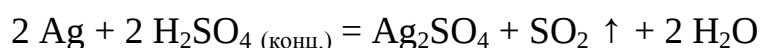
н.у.

ω (примесей) - ?

Решение: Составим уравнение реакции и вычислим массу серебра, при взаимодействии с которым образуется 2,24 л оксида серы (IV):

х г

2,24 л



$$\nu = 2 \text{ моля}$$

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$M = 108 \text{ г/моль}$$

$$V = 22,4 \text{ л}$$

$$m = 216 \text{ г}$$

$$\frac{x}{216} = \frac{2,24}{22,4}; \quad x = \frac{216 \times 2,24}{22,4} = 21,6$$

$$m(\text{Ag}) = 21,6 \text{ г}$$

Масса примесей, следовательно, равна:

$$m(\text{примесей}) = 22 - 21,6 = 0,4 \text{ г}$$

Для определения процентного содержания составляем пропорцию:

$$22 \text{ г} - 100\%$$

$$0,4 \text{ г} - y \% ; \quad y = \frac{0,4 \times 100}{22} = 1,82$$

$$\omega(\text{примесей}) = 1,82\%$$

Ответ: серебро содержит 1,82 % примесей.

Задача 2. Ацетилен – газ, наиболее широко применяемый для газовой сварки и резки. Какой объем ацетилена можно получить из карбида кальция массой 10 кг, массовая доля примесей в котором 15%.

Дано:

$$m(\text{CaC}_2) = 10 \text{ кг}$$

$$\omega(\text{примеси}) = 15\% (0,15)$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = ?$$

Решение: 1) масса примеси в карбиде кальция равна:

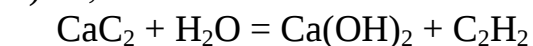
$$\omega(\text{примеси}) = \frac{m(\text{примеси})}{m(\text{вещества})}$$

$$m(\text{примеси}) = 10 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ кг}$$

2) масса чистого карбида кальция равна:

$$10 - 1,5 = 8,5 \text{ кг}$$

$$3) \quad 8,5 \text{ кг} \quad x$$



$$M_r = 64 \text{ кг/моль}$$

$$V_m = 22,4 \text{ м}^3/\text{моль}$$

$$m = 64 \text{ кг}$$

$$V = 22,4 \text{ м}^3$$

$$\frac{8,5}{64} = \frac{x}{22,4}; \quad x = \frac{8,5 \times 22,4}{64} = 2,975 \text{ м}^3$$

Ответ: $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,975 \text{ м}^3$

Задания для самостоятельной работы:

1. Какое количество вещества этана получится при пропускании 6,72 г этилена, содержащего 20% примесей, с водородом над нагретым никелевым катализатором?

2. Какое количество вещества глюконовой кислоты образовалось при окислении аммиачным раствором оксида серебра 6 г глюкозы, содержащей 12% примеси?

3. Вычислите количество вещества бромэтана, который образуется при взаимодействии 20 кг спирта, содержащего 5% примесей, с бромоводородом.

6.3 Расчеты по химическим уравнениям, связанные с массовой (объемной) долей выхода продукта реакции от теоретически возможного

Алгоритм

1. Составьте уравнение реакции
2. Рассчитайте молекулярную массу вещества, заданного в условии
3. Вычислите его количество вещества
4. По уравнению реакции определите теоретическое количество вещества, массу (или объем) которого нужно определить
5. Если известно практически полученное количество вещества, а необходимо рассчитать выход, используйте формулу (1). Для продукта реакции используйте формулу (2), для исходного вещества формулу (2а).
6. Рассчитайте молярную массу искомого вещества
7. Вычислите его массу

Основные формулы: $\eta (W) = \frac{V_{\text{практ}}}{V_{\text{теорет}}} (1)$

$v_{\text{практ}} = \eta \cdot v_{\text{теорет}} (2) \text{ (для продукта реакции)}$

$v_{\text{практ}} = \frac{V_{\text{теорет}}}{\eta(W)} (2a) \text{ (для исходного вещества)}$

$v = \frac{m}{M} \text{ или } m = v \cdot M$

$v = \frac{V}{V_m} \text{ или } V = v \cdot V_m$

$\eta = \frac{V_{\text{практ}}}{V_{\text{теорет}}} \times 100\%; \quad \eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теорет}}} \times 100\%$

Задачи этого типа отражают проблему, возникающую при проведении реакций на практике в промышленных или лабораторных условиях: выход продукта реакции обычно меньше теоретически возможного из-за производственных потерь, протекания побочных реакций и т. п.

Задача 1. Найдите массу этилового спирта, необходимого для получения 140,8 г этилацетата, если выход составляет 80% от теоретического.

Дано:

$m = 140,8 \text{ г}$

$\eta = 80\%$

$m_{\text{спирта}} = ?$

Решение:



2) Вычислим молярную массу этилацетата. Молекулярная формула этилацетата $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$:

$M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 12 \cdot 4 + 1 \cdot 8 + 16 \cdot 2 = 88 \text{ г/моль}$

3) Вычислим количество вещества этилацетата:

$v(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)}{M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)} = \frac{140,8\text{г}}{88\text{г/моль}} = 1,6 \text{ моль}$

4) По уравнению реакции из 1 моль этилового спирта образуется 1 моль этилацетата, значит, для получения 1,6 моль этилацетата теоретически нужно 1,6 моль спирта. Однако выход составляет только 80% от теоретического, поэтому на практике спирта потребуется:

$$v_{\text{практ}} = \frac{v_{\text{теорет}}}{\eta} \times 100\% = \frac{1,6 \text{ моль}}{80\%} \times 100\% = 2 \text{ моль}$$

5) Вычислим молярную массу этилового спирта:

$$M(C_2H_5OH) = 12 \cdot 2 + 1 \cdot 6 + 16 = 46 \text{ г/моль}$$

6) Вычислим массу этилового спирта:

$$m(C_2H_5OH) = v_{\text{практ}} \cdot M(C_2H_5OH) = 2 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 92 \text{ г.}$$

Ответ: $m(C_2H_5OH) = 92 \text{ г.}$

Задача 2. Из 980 кг фосфорной кислоты получено 1404 кг двойного суперфосфата. Рассчитайте процентный выход удобрения от теоретически возможного.

Дано:

$$m(H_3PO_4) = 980 \text{ кг}$$

$$m(Ca(H_2PO_4)_2) = 1404 \text{ кг}$$

$$\eta(Ca(H_2PO_4)_2) = ?$$

Решение:

980 кг	x кг
$4 H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 3 Ca(H_2PO_4)_2$	
v 4 моля	3 моля
M 98 г/моль	234 г/моль
m 392 кг	702 кг

$$\frac{980}{392} = \frac{x}{702}; \quad x = \frac{980 \times 702}{392} = 1755$$

$$m(Ca(H_2PO_4)_2)_{\text{теорет.}} = 1755 \text{ кг}$$

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теорет.}}} \times 100\%$$

$$\eta(Ca(H_2PO_4)_2) = \frac{1404}{1755} \times 100 = 80(\%)$$

Ответ: $\eta(Ca(H_2PO_4)_2) = 80\%$

Задания для самостоятельной работы:

1. Из карбида кальция массой 10 г получили ацетилен объемом 30 л. Вычислите объемную долю выхода ацетилена (в %) от теоретически возможного.

2. Найдите объем этилена, который можно получить из 43,6 г бромистого этила, если выход этилена составляет 75% от теоретического.

3. В лаборатории из 156 г бензола при реакции нитрования было получено 220 г нитробензола. Каков выход нитробензола (в %) от теоретически возможного?

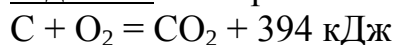
6.4 Расчеты по термохимическим уравнениям

Химическая реакция протекает либо с выделением, либо с поглощением теплоты. Реакции, сопровождающиеся выделением теплоты, называются **экзотермическими**. Реакции, протекающие с поглощением теплоты, называются **эндотермическими**.

В уравнениях тепловой эффект реакции записывается либо со знаком «+» (теплота выделяется), либо со знаком «-» (теплота поглощается). Тепловой эффект обозначается буквой Q и выражается в джоулях (Дж) или килоджоулях (кДж).

По термохимическому уравнению можно вычислять количество выделенной или поглощенной теплоты по известной массе вещества и, наоборот, находить массы, если известен тепловой эффект реакции.

Задача 1. По термохимическому уравнению:



Вычислите, сколько выделяется теплоты при сгорании 1,2 т угля.

Решение: Способ 1.

Из термохимического уравнения следует, что при сгорании 1 моля (12 г) угля выделяется 394 кДж теплоты. Учитывая это и переведя тонны в граммы, составим пропорцию:

из 12 г С получаем 394 кДж

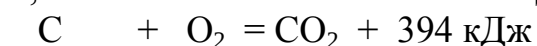
из $1,2 \cdot 10^6$ г С — х кДж

$$x = \frac{1,2 \times 10^6 \times 394}{12} = 3,94 \times 10^7$$

$$Q = 3,94 \cdot 10^7 \text{ кДж}$$

Способ 2.

Запишем термохимическое уравнение:



Составим отношение:

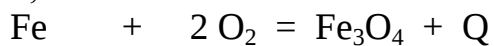
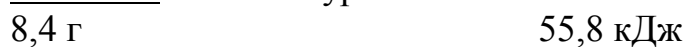
$$\frac{1,2 \times 10^6}{12} = \frac{x}{394} ; \quad x = \frac{1,2 \times 10^6 \times 394}{12} = 3,94 \times 10^7$$

$$Q = 3,94 \cdot 10^7 \text{ кДж}$$

Ответ: выделяется $3,94 \cdot 10^7$ кДж теплоты

Задача 2. При взаимодействии 8,4 г железа с кислородом выделилось 55,8 кДж теплоты. Составьте термохимическое уравнение.

Решение: Запишем уравнение химической реакции:

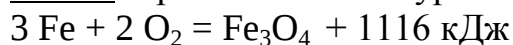


Составим отношение:

$$\frac{8,4}{168} = \frac{55,8}{x}; \quad x = \frac{168 \times 55,8}{8,4} = 1116$$

$$Q = 1116 \text{ кДж}$$

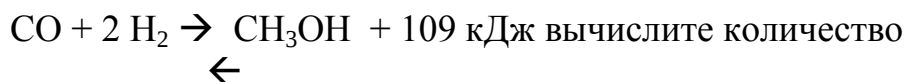
Ответ: термохимическое уравнение:



Иногда в термохимических расчетах вместо понятия «тепловой эффект» используют понятие «изменение энтальпии». По физическому смыслу энтальпия соответствует внутренней энергии системы (т.е. реагирующих веществ или продуктов реакции). Изменение энтальпии обозначается ΔH . Величина изменения энтальпии равна тепловому эффекту по величине, но противоположна по знаку. Например, величина ΔH экзотермической реакции меньше нуля: если в ходе реакции выделяется энергия (тепловой эффект положителен), то внутренняя энергия системы уменьшается.

Задания для самостоятельной работы:

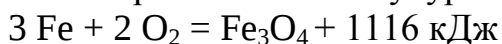
1. По термохимическому уравнению реакции



выделившейся теплоты при образовании 6,4 г метанола.

2. Составьте термохимическое уравнение реакции, если известно, что при сгорании 6 г водорода в кислороде выделяется 858 кДж теплоты. Вычислите, какое количество вещества воды выделилось при этом.

3. По термохимическому уравнению реакции



вычислите количество теплоты, выделившееся при сжигании 1 кг железа, содержащего 6% примеси.

7. Задачи с растворами

Растворами называются однородные системы, состоящие из молекул растворителя и частиц растворенного вещества, между которыми происходят физические и химические взаимодействия.

7.1 Вычисления с использованием массовой доли растворенного вещества

Массовая доля растворенного вещества ω – это отношение массы растворенного вещества m к массе раствора m_p :

$$\omega = \frac{m}{m_p}$$

Массовую долю выражают обычно в долях единицы или в процентах (0,2, или 20%). Если массовая доля растворенного вещества, например, хлорида натрия, в воде равна 0,02, или 2%, то это означает, что в данном растворе массой 100 г хлорида натрия содержится 2 г., а воды – 98 г.

Масса раствора складывается из массы растворенного вещества и массы растворителя.

Если известна плотность раствора ρ и объем V , то массу можно рассчитать по формуле:

$$m_p = \rho \cdot V$$

Плотность жидкостей и твердых веществ измеряется в г/см³; 1 см³ = 1 мл.

Задача 1. Какова масса раствора с массовой долей вещества 0,08; содержащего 5,6 г гидроксида калия?

Решение: воспользуемся формулой:

$$\omega = \frac{m}{m_p} \text{ и выразим массу раствора:}$$

$$m_p = \frac{m(KOH)}{\omega(KOH)} = \frac{5,6}{0,08} = 70(г)$$

Ответ: масса данного раствора – 70 г.

Задача 2. Смешали 70 г 30%-ного раствора гидроксида натрия и 30 г 5%-ного раствора того же гидроксида. Вычислите массовую долю NaOH в полученном растворе.

Решение: Находим массу полученного раствора:

$$m_p = 70 + 30 = 100 \text{ г}$$

Вычисляем массу гидроксида натрия в полученном растворе. Она складывается из масс гидроксида натрия, содержащихся в слитых растворах:

$$m_1(NaOH) = m_{p1} \cdot \omega_1 = 70 \cdot 0,30 = 21 \text{ г}$$

$$m_2(NaOH) = m_{p2} \cdot \omega_2 = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \text{ г}$$

$$m(NaOH) = 21 + 1,5 = 22,5 \text{ г}$$

Определяем массовую долю NaOH в полученном растворе:

$$\omega(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{m_p} = \frac{22,5}{100} = 0,225 \text{ или } 22,5\%$$

Ответ: массовая доля NaOH в полученном растворе равна 0,225 (22,5%).

Задания для самостоятельной работы:

1. В воде объемом 200 мл растворили соль массой 40 г. Определите массовую долю соли в полученном растворе, приняв плотность воды равной 1 г/мл.

2. В лаборатории имеются растворы с массовой долей хлорида натрия 10 и 20%. Какую массу каждого раствора надо взять для получения раствора с массовой долей соли 12% массой 300 г?

3. В воде массой 40 г растворили железный купорос $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ массой 3,5 г. Определите массовую долю сульфата железа (II) в полученном растворе.

7.2 Вычисления с использованием молярной концентрации

Молярная концентрация или молярность – это отношение количества растворенного вещества ν к объему раствора V (или число молей растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора):

$$c = \frac{\nu}{V}$$

Молярная концентрация выражается в моль/л. Если 1 л раствора соляной кислоты содержит 0,1 моля HCl , такой раствор называют децимолярным и обозначают так: 0,1 М HCl (0,01 моль – сантимольярным, 0,001 моль – миллимольярным). Раствор, в 1 л которого содержится 1,2,3 ... молей растворенного вещества, называют одно-, двух-, трехмольярным и т.д.

Задача 1. Раствор серной кислоты содержит 196 г H_2SO_4 в 1 л. Во сколько раз надо разбавить такой раствор, чтобы получить концентрацию 0,1 М?

Решение: находим молярную массу серной кислоты:

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

По формуле $\nu = \frac{m}{M}$ рассчитываем количество вещества H_2SO_4 , содержащееся в 196 г:

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{196}{98} = 2(\text{моль})$$

По условию это же количество вещества содержится в 1 л раствора. Таким образом, концентрация исходного раствора 2 М H_2SO_4 .

Чтобы получить 0,1 М раствор серной кислоты, исходный раствор надо разбавить:

$$\frac{2\text{М}}{0,1\text{М}} = 20 - \text{в } 20 \text{ раз}$$

Ответ: исходный раствор надо разбавить в 20 раз.

Задача 2. Какой объем 38,6 %-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,38 г/см³ нужно взять для приготовления 300 мл 0,5 М раствора КОН?

Решение: $M_r(\text{KOH}) = 39 + 16 + 1 = 56$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем количество вещества КОН, необходимое для приготовления 300 мл 0,5 М КОН:

$$c = \frac{\nu}{V}; \nu = c \cdot V$$

$$\nu(\text{KOH}) = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 (\text{моль})$$

Обратите внимание на то, что подставляемый в формулу объем выражен в литрах (300 мл = 0,3 л).

Вычислим массу КОН, соответствующую этому количеству вещества:

$$m = \nu \cdot M$$

$$m(\text{KOH}) = 0,15 \cdot 56 = 8,4 \text{ (г)}$$

Определим массу раствора с $\omega(\text{KOH}) = 38,6\%$, в котором содержится 8,4 г гидроксида калия:

$$\omega = \frac{m}{m_p}$$

$$m_p = \frac{m}{\omega} = \frac{8,4}{0,386} = 21,8 \text{ (г)}$$

Вычислим требуемый объем этого раствора:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V(\text{KOH}) = \frac{21,8}{1,38} = 15,8 \text{ (мл)}$$

Ответ: 15,8 мл.

Задача 3. Сколько миллилитров 96%-ной серной кислоты (пл. 1,84) нужно взять для приготовления 500 мл 0,05 М раствора?

Решение: Грамм – молекула серной кислоты весит 98г. *Грамм – молекулой, или молем, называется количество граммов вещества, численно равное его молекулярному весу. Например, молекулярный вес воды равен 18, грамм – молекула (моль) воды весит 18 г.* Следовательно, в 1 л (или 1000 мл) 0,05 М раствора содержится $0,05 \cdot 98 = 4,9$ г. 100% -ной серной кислоты, а в 500 мл будет содержаться x г.

$$1000 \text{ ---- } 4,9$$

$$500 \text{ ----- } x,$$

$$x = \frac{4,9 \times 500}{1000} = 2,45 \text{ г } 100\% \text{ – ной } H_2SO_4$$

Исходным раствором является 96%-ная H_2SO_4 . Из определения процентного раствора следует: в 100 г раствора содержится 96 г 100%-ной H_2SO_4 , а нужное нам количество 2,45 г кислоты содержится в y г 96%-ной кислоты.

Составляя схему, имеем:

$$100 \text{ ---- } 96$$

$$y \text{ ---- } 2,45$$

$$y = \frac{100 \times 2,45}{96} = 2,55 \text{ г } 96\% \text{ – ной } H_2SO_4$$

$$\text{или } \frac{2,55}{1,84} = 1,38 \text{ мл}$$

Ответ: Нужно взять 2,55 г (по массе) или 1,38 мл (по объему, что удобнее) 96%-ной H_2SO_4 , растворить в воде и раствор разбавить водой до 500 мл.

Задания для самостоятельной работы:

1. В воде растворили гидроксид калия массой 11,2 г, объем раствора довели до 200 мл. Определите молярную концентрацию полученного раствора.

2. Вычислить, сколько граммов едкого натра необходимо для приготовления 500 мл 0,1 М раствора? Как приготовить такой раствор?

3. Определите молярную концентрацию раствора, полученного при растворении сульфата натрия массой 42,6 г в воде массой 300 г, если плотность полученного раствора равна 1,12 г/мл.

8. Строение атома. Периодический закон Д.И. Менделеева

Атом – электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного атомного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Разновидности атомов одного и того же элемента, имеющие одинаковое число протонов в ядре, но разную массу, называют **изотопами**.

Каждый изотоп характеризуется двумя величинами: массовым числом (проставляется вверху слева от химического знака) и порядковым номером элемента (проставляется внизу слева от химического знака). *Массовое число* определяет общее число протонов и нейтронов, а *порядковый номер* – число протонов в ядре атома.

Изотопы известны почти для всех химических элементов. Например, кислород имеет изотопы с массовыми числами 16, 17, 18, т.е. $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$.

Изотопы водорода имеют собственные названия: ^1_1H – протий, ^2_1H – дейтерий (обозначается знаком D), ^3_1H – тритий (обозначается знаком T). Ядро протия состоит из 1 протона, ядро дейтерия – из 1 протона и 1 нейтрона, ядро трития – из 1 протона и 2 нейтронов.

В состав воды наряду с протием (обычным водородом) входит и дейтерий (тяжелый водород), их соотношение 500 : 1. Тритий в природе не обнаружен, получается с помощью ядерных реакций. Это радиоактивный изотоп с периодом полураспада 12,5 лет.

Область пространства вокруг ядра атома, где движется электрон, называется **орбиталью**. На одной орбитали может находиться не более двух электронов.

Порядковый номер элемента в таблице Менделеева указывает **число протонов (N_p)** в ядре и равное ему **число электронов**. **Число нейтронов (N_n)** определяется по разности между относительной атомной массой элемента (A_r) и его порядковым номером (Z): $N_n = A_r - Z$

Периодический закон в современной формулировке: Свойства элементов, а также формы и свойства образуемых ими простых веществ и соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда их атомных ядер.

Задача 1. Хлор состоит из изотопов $^{35}_{17}\text{Cl}$ и $^{37}_{17}\text{Cl}$. Вычислить процентное соотношение изотопов в хлоре, если средний атомный вес его равен 35,45 у.е.

Решение: Подобные задачи удобно решать алгебраическим способом. Пусть количество атомов $^{35}_{17}\text{Cl}$ в 100 атомах хлора равна x . Тогда количество атомов $^{37}_{17}\text{Cl}$ будет равно $100-x$.

Масса атомов $^{35}_{17}\text{Cl} = 35x$; масса атомов $^{37}_{17}\text{Cl} = 37(100-x)$.

Составляем алгебраическое уравнение, выражающее весовой баланс атомов хлора:

$$35x + 37(100-x) = 35,45 \cdot 100, \text{ или}$$

$$35x + 3700 - 37x = 3545.$$

Решая уравнение, получим $2x = 155$; $x = 77,5\%$, т.е.

$^{35}_{17}\text{Cl}$ - 77,5% и $^{37}_{17}\text{Cl}$ - 22,5%.

Задача 2. Укажите число протонов, нейтронов и электронов в атомах калия и неона.

Решение: Порядковый номер элемента равен числу протонов и числу электронов в атоме.

Число нейтронов определяется по разности между массой атома и массой протонов, которая совпадает с порядковым номером элемента.

Атом калия имеет порядковый номер 19 и относительную атомную массу 39. В атоме калия 19 протонов и 19 электронов. Число нейтронов находим по формуле: $N_n = A_r - Z$; $N_n(\text{K}) = 39 - 19 = 20$

Атом неона имеет порядковый номер 10 и относительную атомную массу 20. В атоме неона – 10 протонов и 10 электронов. Число нейтронов: $N_n(\text{Ne}) = 20 - 10 = 10$.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ядро атома одного из изотопов не содержит нейтронов. Назовите этот элемент.

2. Сколько нейтронов в ядрах изотопов гелия ^3He , ^4He и кислорода ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O ?

3. Ядро атома фтора (относительная атомная масса 19) содержит 10 нейтронов. Укажите, не обращаясь к таблице элементов, порядковый номер фтора.

9. Составление электронных формул

Электронная формула – распределение электронов по уровням и орбиталям.

Номер периода в периодической системе показывает число энергетических уровней в атомах. Максимальное число электронов на энергетическом уровне определяется по формуле $N_e = 2n^2$, где n – номер энергетического уровня. В соответствии с этой формулой на первом энергетическом уровне находятся два электрона; на втором – восемь; на третьем – восемнадцать и т.д.

Уровни состоят из подуровней и обозначаются s, p, d, f. На первом уровне имеется единственная s- орбиталь; на ней могут разместиться два электрона с противоположными спинами. На втором уровне находится одна s- и три p- орбитали. Начиная с третьего уровня появляется еще пять d- орбиталей.

Энергетические подуровни заполняются электронами в такой последовательности:

Подуровень	1s	2s2p	3s3p	4s3d4p	5s4d5p
Период	1	1	3	4	5

Для элементов главных подгрупп номер группы соответствует числу электронов на внешнем энергетическом уровне (валентные электроны).

Задача 1. Составьте электронную формулу атома с порядковым номером 15 и запишите формулы высшего оксида и соединения с водородом.

Решение: Элемент с порядковым номером 15 – фосфор. Он находится в третьем периоде в главной подгруппе V группы. Следовательно, у атома фосфора 15 электронов, расположенных на трех энергетических уровнях; на последнем уровне – пять электронов. Электронная формула фосфора: ${}_{15}\text{P} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.

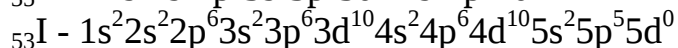
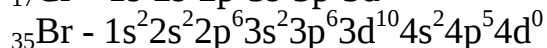
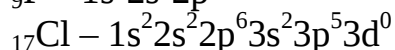
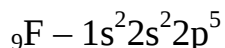
Наличие пяти электронов на внешнем энергетическом уровне указывает на то, что это неметалл. Высшая валентность, проявляемая в соединениях с кислородом, совпадает с номером группы и равна пяти. Отсюда формула высшего оксида – P_2O_5 . Валентность, проявляемая в соединениях с водородом, определяется по разности: $8-5=3$. Формула водородного соединения – PH_3 .

Задача 2. Составьте электронную формулу элемента с порядковым номером 30.

Решение: ${}_{30}\text{Zn} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$.

Задача 3. Объясните, почему элементы главной подгруппы VII группы обладают сходными химическими свойствами.

Решение: В главной подгруппе VII группы находятся галогены: фтор, хлор, бром, йод. Составим их электронные формулы:



На внешнем энергетическом уровне у всех этих элементов находятся семь электронов. Общность химических свойств объясняется одинаковым строением внешнего энергетического уровня (одинаковым числом валентных электронов). Высшая валентность, проявляемая галогенами (кроме фтора) в соединениях с кислородом, -7, а в соединениях с водородом -1. высший оксид имеет формулу R_2O_7 , ему соответствует кислота HRO_4 . Формула соединения с водородом – RH .

Задания для самостоятельной работы:

1. Назовите элементы, атомы которых имеют электронные конфигурации: $1s^2 2s^2 2p^6$, $3s^2 3p^6 4s^1$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Укажите, в каких периодах таблицы Д.И. Менделеева они находятся.

2. Сколько неспаренных электронов содержится в основном состоянии в электронных оболочках атома: а) фосфора; б) хлора; в) серы; г) углерода; д) неона?

3. Напишите электронную конфигурацию элемента Au (золото).

10. Определение степени окисления атомов в соединениях

Степень окисления – условный заряд атома в соединении, определяемый числом электронов, смещенных от атома данного элемента к атому другого элемента.

Степень окисления у свободных атомов и у атомов, входящих в состав неполярных молекул (H_2 , O_2 , Cl_2 и т.д.), равна нулю. В соединении сумма значений степеней окисления равна нулю.

Часто степень окисления численно совпадает с валентностью, но не всегда. Так, в молекулах кислорода O_2 и азота N_2 степень окисления элементов нулевая; валентность же кислорода равна двум, азота – трем.

Задача 1. Определите степень окисления серы в соединении Na_2S .

Решение: степень окисления натрия +1. Степень окисления серы x . Составим уравнение:

$$(+1) \cdot 2 + x = 0$$

$$x = -2 \qquad \qquad \qquad +1 \quad -2$$

Степень окисления серы -2: Na_2S

Задача 2. Определите степень окисления хрома в соединении K_2CrO_4 .

Решение: Степень окисления калия +1, кислорода -2. Обозначим степень окисления хрома x . Так как в соединении сумма значений степеней окисления равна нулю, составим следующее уравнение:

$$(+1) \cdot 2 + x + (-2) \cdot 4 = 0$$

$$2 + x - 8 = 0$$

$$x = 8 - 2$$

$$x = 6 \qquad \qquad \qquad +1 \quad +6 \quad -2$$

Степень окисления хрома в K_2CrO_4 равна +6: K_2CrO_4

Задания для самостоятельной работы:

1. Зная, что сумма степеней окисления элементов в любом соединении равна нулю, вычислите степени окисления марганца, хрома в соединениях, формулы которых $KMnO_4$, $Na_2Cr_2O_7$.

2. Проставьте степени окисления каждого элемента в формулах соединений: Na_2SO_3 , $KClO_3$, $NaClO$, Na_2CrO_4 , NH_4ClO_4 , $BaMnO_4$.

3. Изменяются ли степени окисления при: а) образовании воды из водорода и кислорода; б) образовании аммиака из азота и водорода? Ответ поясните.

10.1 Окислительно – восстановительные реакции (ОВР)

Реакции, протекающие с изменением степеней окисления элементов, называются **окислительно – восстановительными реакциями**.

$\overset{-1}{2}\text{KI} + \overset{0}{\text{Cl}_2} = \overset{-1}{2}\text{KCl} + \overset{0}{\text{I}_2}$ реакция является окислительно-восстановительной, т.к. элементы I и Cl меняют свою валентность.

Процесс отдачи электронов – **окисление**. Процесс присоединения электронов – **восстановление**. **Окислитель** – частица (атом, молекула, ион), присоединяющая электроны; окислитель во время реакции восстанавливается. **Восстановитель** – частица, отдающая электроны; во время реакции восстановитель окисляется.

В приведенном примере изменение валентности I и Cl₂ является результатом перехода электронов: иодид-ион отдает электрон, сам при этом окисляется, т.е. является восстановителем, валентность его повышается от -1 до 0. Атом хлора присоединяет электрон, сам при этом восстанавливается и является окислителем; валентность его понижается от 0 до -1.

Число электронов, отданных восстановителем, равно числу электронов, принятых окислителем. На этом правиле основан *метод электронного баланса*, которым пользуются при составлении уравнений ОВР.

ОВР имеют место при горении, коррозии, электролизе, в металлургических процессах и многих других. Они играют большую роль в природе и технике.

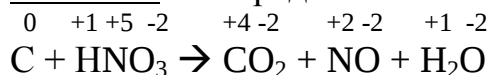
Алгоритм

1. Определите степени окисления всех элементов как в исходных веществах, так и в продуктах реакции.
2. Определите, степени окисления каких элементов изменяются в ходе реакции; определите какой из них подвергается окислению, а какой – восстановлению.
3. Запишите схемы полуреакций окисления и восстановления.
4. Подберите множители к уравнениям реакции, исходя из правила: число электронов, участвующих в полуреакции окисления, равно числу электронов, участвующих в полуреакции восстановления.
5. Подставьте полученные коэффициенты перед окислителем и восстановителем в уравнение реакции.
6. Подберите недостающие коэффициенты (перед соединениями, в состав которых не входят ни окислитель, ни восстановитель).

Задача 1. Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:

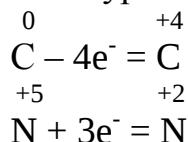


Решение: 1. Определяем степени окисления всех элементов:

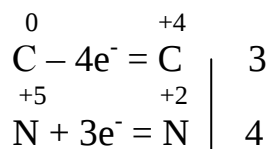


2. Видно, что С – восстановитель, а HNO₃ – окислитель.

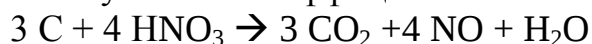
3. Составляем схемы полуреакций окисления и восстановления:



4. Находим коэффициенты при восстановителе и окислителе и продуктах их окисления и восстановления. При этом исходим из того, что число электронов, отданных восстановителем, должно равняться числу электронов, принятых окислителем:



5. Подставляем полученные коэффициенты в схему реакции:



6. Подбираем коэффициент перед формулой воды:

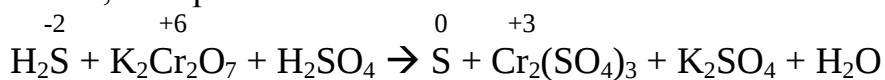


Проверяем правильность написания уравнения реакции: количества веществ (атомных углерода, водорода, азота и кислорода) в левой части уравнения равны количествам веществ в правой части уравнения. Следовательно, уравнение составлено верно.

Задача 2. Методом электронного баланса подберите коэффициенты в схеме ОВР:

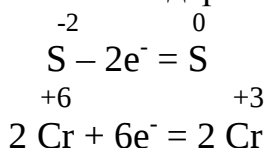


Решение: Записываем схему реакции с указанием степеней окисления элементов, которые их меняют:

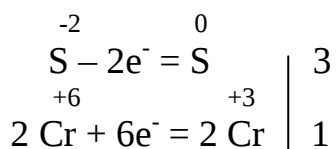


Здесь H₂S – восстановитель, а дихромат калия – окислитель.

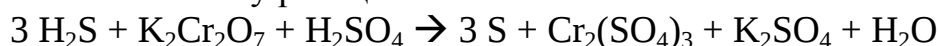
Составляем электронные уравнения, учитывая, что K₂Cr₂O₇ и Cr₂(SO₄)₃ количеством вещества 1 моль содержат 2 моль хрома:



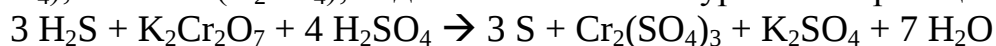
Находим коэффициенты при восстановителе, окислителе и продуктах их окисления и восстановления:



Полученные коэффициенты при восстановителе H_2S и продукте его окисления S , окислителе $K_2Cr_2O_7$ и продукте его восстановления $Cr_2(SO_4)_3$ подставляем в схему реакции:



Оставшиеся коэффициенты подбираем в такой последовательности: соль (K_2SO_4), кислота (H_2SO_4), вода. Окончательное уравнение реакции имеет вид:

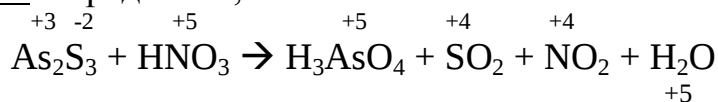


Для проверки правильности подбора коэффициентов подсчитываем количество вещества атомного кислорода в левой и правой частях уравнения. В левой части: $(7 + 4 \cdot 4)$ моль = 23 моль. В правой части: $(3 \cdot 4 + 4 + 7)$ моль = 23 моль. Следовательно, уравнение написано правильно.

Задача 3. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, протекающей по схеме

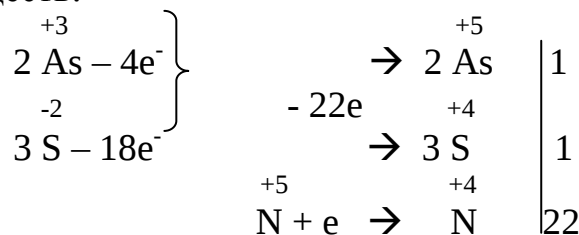


Решение: Определяем, какие атомы меняют степени окисления:



В данной реакции окислителем является азот N , а восстановителями – мышьяк As^{+3} и сера S^{-2} . В таком случае необходимо подсчитать число электронов, отдаваемых обоими восстановителями.

Записываем электронные уравнения, учитывая коэффициенты в формулах веществ:



Подставляем найденные коэффициенты в схему реакции, затем подбираем коэффициент перед водой. Получаем



Задания для самостоятельной работы:

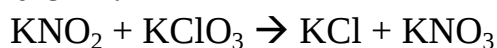
1. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в схеме ОВР:



2. Используя степени окисления, подберите коэффициенты в схеме ОВР:



3. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в схеме ОВР:



Список использованной литературы

1. Рудзитис Г.Е. Химия: Орган. химия. Основы общ. Химии (Обобщение и углубление знаний): Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений – М.: Просвещение, 2013.- 160с.
2. Рудзитис Г.Е. Химия: Орган. химия. 10 кл. общеобразоват. учреждений – М.: Просвещение, 2013.- 160с.
3. Габриелян О.С. Химия. 10 кл. Учеб. для общеобразоват. учреждений / под ред. В.И. Теренина. – М.: Дрофа, 2013.- 304с.
4. Габриелян О.С. Химия. 11 кл. Учеб. для общеобразоват. учреждений – М.: Дрофа, 2012.
5. Хомченко Г.П., Хомченко И.Г. Сборник задач по химии для поступающих в вузы. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: «Издательство Новая Волна»: Издатель Умеренков, 2003.
6. Сергеев С.А. Готовимся к выпускному экзамену. Химия./ М.: Аквариум, 1997.- 240с.
7. Шипуло Е.В. Решение задач по химии / Е.В. Шипуло. – М.: Филол. о-во «СЛОВО», Изд-во Эксмо, 2005.
8. Гольдфарб Я.Л. и др. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие для учащихся 8-10 кл. /Я.Л. Гольдфарб, Ю.В. Ходаков, Ю.Б. Додонов. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1984.- 191с.
9. Богданов М.Н. Задачи и упражнения по органической химии. Выпуск 1. Анализ органических соединений. Углеводороды ациклического ряда. – Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1968- 32с.
10. Черникова Л.П., Бунк Т.А. Химия для технических колледжей. – Ростов-н/Д: «Феникс», 2001.- 320с.

Содержание

	Введение.....	3
	Принятые обозначения физических величин и форма записи.....	4
1	Химический элемент.....	5
1.1	Вычисление атомной массы элементов в относительных единицах массы и в граммах.....	5
2	Химические формулы.....	6
2.1	Составление химических формул по валентности.....	7
2.2	Определение валентности по формуле.....	8
2.3	Вычисление относительной молекулярной массы вещества.....	10
2.4	Расчет массовой доли элемента в соединении.....	11
2.5	Вычисление массовых отношений химических элементов в сложном веществе.....	12
3	Количество вещества. Моль. Молярная масса. Число Авогадро.....	13
4	Газы. Закон Авогадро.....	15
4.1	Задачи с использованием молярного объема газообразных веществ.....	16
5	Нахождение молекулярной формулы вещества.....	
5.1	Нахождение химической формулы вещества, если известно содержание в нем элементов в массовых долях или в процентах.....	18
5.2	Нахождение химических формул по массовым отношениям элементов, входящих в состав данного вещества.....	19
5.3	Нахождение химической формулы вещества, если известно содержание в нем элементов в массовых долях или в процентах и указана плотность или относительная плотность данного вещества в газообразном состоянии.....	20
5.4	Нахождение молекулярной формулы органического соединения по массе (объему) продуктов сгорания.....	22
6	Вычисления по уравнениям химических реакций.....	
6.1	Расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ взято в избытке.....	24
6.2	Расчеты по уравнениям химических реакций, в которых исходное вещество содержит примеси.....	26
6.3	Расчеты по химическим уравнениям, связанные с массовой (объемной) долей выхода продукта реакции от теоретически возможного.....	28
6.4	Расчеты по термохимическим уравнениям.....	30
7	Задачи с растворами.....	31
7.1	Вычисления с использованием массовой доли растворенного вещества.....	31
7.2	Вычисления с использованием молярной концентрации.....	34
8	Строение атома. Периодический закон Д.И. Менделеева.....	35
9	Составление электронных формул.....	36
10	Определение степени окисления атомов в соединениях.....	38
10.1	Окислительно – восстановительные реакции (ОВР).....	39
	Список использованной литературы.....	

АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

Методические рекомендации

Павлова А. Б.

Редактор Хинхаева Е.Т.

Сдано в производство 19.10.15.
Формат 60 × 84 1/16
Усл.. печ. л. 2,75 Уч. изд. л.
Бумага ксероксная. Ризография
Тираж 15 экз. Заказ № 3
Отпечатано БЛПК, Улан-Удэ, пр. Победы, 20