

**Критерии оценивания заданий для учащихся 9 класса**  
*Представлен один из возможных вариантов решения задач*

**Задача № 9-1**

1. Зная массовую долю кислорода в оксиде **М** можно установить формулу пиролюзита. Допустим, что пиролюзит имеет формулу  $M_xO_y$ , тогда массовую долю кислорода в нем можно выразить уравнением:

$$0,3681 = \frac{16,00 \cdot y}{x \cdot M(M) + 16,00 \cdot y}$$

Решив которое, мы получим выражение для молярной массы металла **М**:

$$0,3681 \cdot (x \cdot M(M) + 16,00 \cdot y) = 16,00 \cdot y$$

$$0,3681 \cdot x \cdot M(M) + 5,89 \cdot y = 16,00 \cdot y$$

$$0,3681 \cdot x \cdot M(M) = 10,11 \cdot y$$

$$M(M) = \frac{10,11 \cdot y}{0,3681 \cdot x}$$

$$M(M) = 27,47 \cdot \frac{y}{x}$$

Степень окисления М	Соотношение y/x	М (М)
+1	1/2	13,735
+2	1	27,47
+3	3/2	41,205
+4	2	54,94
+5	5/2	68,675
+6	3	82,41
+7	7/2	96,145

Как мы видим из условия подходящим элементом является марганец. Значит металл **М** – марганец, пиролюзит –  $MnO_2$  или диоксид марганца.

2. Зная массовую долю элемента **X** в веществе **A** можем установить формулу вещества **B**. Поскольку массовая доля элемента **X** велика, можем предположить, что оставшаяся масса приходится на какой-то легкий элемент, например водород. Тогда формулу **B** можно записать как  $H_yA_x$ , а массовая доля **X** в нем выразится уравнением:

$$0,9726 = \frac{x \cdot M(A)}{x \cdot M(A) + y}$$

Решив которое, мы получим выражение для молярной массы **A**:

$$0,9726 \cdot x \cdot M(A) + 0,9726 \cdot y = x \cdot M(A)$$

$$0,9726 \cdot y = 0,0274 \cdot x \cdot M(A)$$

$$M(A) = \frac{0,9726 \cdot y}{0,0274 \cdot x}$$

$$M(A) = 35,5 \cdot \frac{y}{x}$$

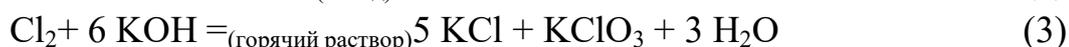
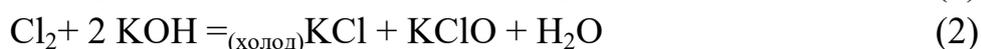
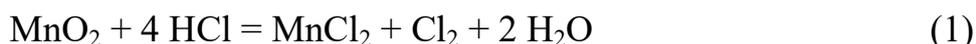
Степень окисления А	Соотношение y/x	M (X)
-1	1	35,5
-2	2	71
-3	3	105,5
-4	4	142
-5	5	177,5
-6	6	210
-7	7	245,5

Как мы видим, подходящим элементом является хлор. Значит вещество **Б** – HCl, хлороводород.

Элемент **Х** – хлор, простое вещество **А** – Cl<sub>2</sub>, газообразный хлор.

Тогда вещество **В** – KClO, гипохлорит калия, вещество **Г** – KClO<sub>3</sub>, хлорат калия, вещество **Д** – O<sub>2</sub>, кислород, вещество **Е** – KCl, хлорид калия.

3. Уравнения реакций:



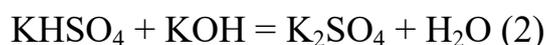
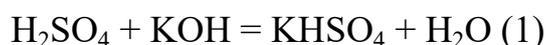
4. Хлорат калия используется в качестве компонента смеси во взрывчатых веществах, хлорид калия используется в качестве удобрения.

#### Разбалловка

Написание химических формул соединений <b>А–Е</b> , пиролюзита	7 x 0,25 б. = 1,75 б.
Написание названий соединений <b>А–Е</b> , пиролюзита	7 x 0,25 б. = 1,75 б.
Написание уравнений реакций (1)–(5).	5 x 1б. = 5 б.
Применение веществ <b>Г, Е</b>	2 x 0,75 б. = 1,5 б.
<i>ИТОГО</i>	10 б.

#### Задача № 9-2

При взаимодействии серной кислоты с гидроксидом калия протекают две реакции:



Чтобы определить, какая соль и в каком количестве образовалась, найдем количество серной кислоты и гидроксида калия, вступивших в реакцию:

$$w(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(p - pa)} \Rightarrow m(H_2SO_4) = w(H_2SO_4) \cdot m(p - pa) = 0,04 \cdot 100 = 4,0 \text{ г}$$

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{4,0}{98} = 0,041 \text{ моль}$$

$$C(KOH) = \frac{n(KOH)}{V(KOH)} \Rightarrow n(KOH) = C(KOH) \cdot V(KOH) = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ моль}$$

По уравнению (1) 1 моль гидроксида калия при взаимодействии с 1 моль серной кислоты образует 1 моль гидросульфата калия, следовательно, из 0,041 моль гидроксида калия и 0,041 моль серной кислоты образуется 0,041 моль гидросульфата калия. При этом остается непрореагировавшим  $0,05 - 0,041 = 0,009$  моль гидроксида калия, который будет вступать в реакцию (2).

Согласно реакции (2) 1 моль серной кислоты и 1 моль гидросульфата калия образуют 1 моль сульфата калия. В нашем случае 0,009 моль гидроксида калия прореагирует с 0,009 моль гидросульфата калия и образуется 0,009 моль сульфата калия. При этом останется непрореагировавшим  $0,041 - 0,009 = 0,032$  моль гидросульфата калия.

В итоге, после окончания реакции в растворе будет находиться 0,032 моль гидросульфата калия и 0,009 моль сульфата калия. При выпаривании раствора указанные соли будут составлять сухой остаток. Рассчитаем его массу:

$$\begin{aligned} m(\text{сух. ост.}) &= m(KHSO_4) + m(K_2SO_4) = n(KHSO_4) \cdot M(KHSO_4) + n(K_2SO_4) \cdot M(K_2SO_4) = \\ &= 0,032 \cdot 136 + 0,009 \cdot 174 = 5,92 \text{ г} \end{aligned}$$

При прокаливании сухого остатка будет происходить разложение гидросульфата калия с выделением серной кислоты (белый пар, который конденсируется в тяжелую маслянистую жидкость):



Уменьшение массы сухого остатка обусловлено удалением серной кислоты. По уравнению (3) из 2 моль гидросульфата калия образуется 1 моль серной кислоты. В нашем случае из 0,032 моль гидросульфата калия образуется 0,016 моль серной кислоты, что составляет  $0,016 \cdot 98 = 1,57$  г. Соответственно, масса сухого остатка при прокаливании уменьшится на 1,57 г. Итого после прокаливании мы получим (после прокал.)  $= 5,92 - 1,57 = 4,35$  г.

### Разбалловка

Написание уравнений (1)–(3)	3 x 1 б. = 3 б.
Расчет количеств (или масс) гидросульфата и сульфата калия	2 x 2 б. = 4 б.
Расчет массы сухого остатка	1 б.
Расчет массы остатка при прокаливании	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача № 9-3

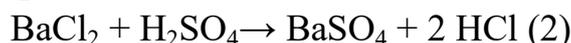
1. При высушивании смеси происходит разложение кристаллогидрата, поэтому убыль массы равна массе воды в кристаллогидрате:



Найдем количество вещества воды в навеске:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,072 / 18 = 0,004 \text{ моль.}$$

2. Напишем уравнение реакции:



В осадок выпадает сульфат бария. Согласно уравнению реакции, его количество равно количеству хлорида бария:

$$n(\text{BaCl}_2) = n(\text{BaSO}_4) = 0,4660 / 233 = 0,002 \text{ моль}$$

Общая формула кристаллогидрата  $\text{BaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , значит:

$$n(\text{BaCl}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,002 : 0,004 = 1 : 2$$

Следовательно, формула кристаллогидрата  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Найдем массовую долю дигидрата хлорида бария в смеси с хлоридом натрия:

$$m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,002 \cdot 244 = 0,488 \text{ г}$$

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,488 / 0,5173 = 0,9434 (94,34 \%)$$

Тогда массовая доля хлорида натрия равна:

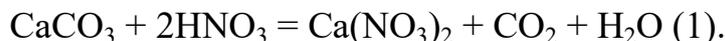
$$w(\text{NaCl}) = 100 - 94,34 = 5,66 \%$$

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) и (2)	2 x 1 б. = 2 б.
Найдены количества веществ воды и хлорида бария	2 x 2 б. = 4 б.
Определен состав кристаллогидрата	2 б.
Найдена массовая доля компонентов смеси	2 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача № 9-4

1. Запишем уравнение реакции взаимодействия известняка и азотной кислоты:



Вычислим количество вещества карбоната кальция в 1,0 т известняка:

$$m(\text{CaCO}_3) = m(\text{известняка}) \cdot w(\text{CaCO}_3) = 1,0 \cdot 0,95 = 0,95 \text{ т} = 950 \text{ кг}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{950000}{100} = 9500 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1)

1 моль  $\text{CaCO}_3$  взаимодействует с 2 моль  $\text{HNO}_3$

9 500 моль  $\text{CaCO}_3$  взаимодействует с X моль  $\text{HNO}_3$

$$X = 9500 \cdot 2 = 19000 \text{ моль}$$

Вычислим массу раствора азотной кислоты, которая нам потребуется:

$$m(\text{HNO}_3) = n(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3) = 19000 \cdot 63 = 1\,197\,000 \text{ г} = 1\,197 \text{ кг}$$

$$m(p\text{-ра } \text{HNO}_3) = m(\text{HNO}_3) / w(\text{HNO}_3) = 1\,197 / 0,45 = 2\,660 \text{ кг}$$

2. Вычислим массу образующегося нитрата кальция:

из 1 моль  $\text{CaCO}_3$  образуется 1 моль  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

из 9 500 моль  $\text{CaCO}_3$  образуется Y моль  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

$$Y = 9\,500 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 9\,500 \cdot 164 = 1\,558\,000 \text{ г} = 1\,558 \text{ кг}$$

Вычислим массу образующегося раствора. Она равна сумме масс карбоната кальция и азотной кислоты за вычетом углекислого газа, который удаляется из сферы реакции.

Вычислим массу образующегося углекислого газа:

из 1 моль  $\text{CaCO}_3$  образуется 1 моль  $\text{CO}_2$

из 9 500 моль  $\text{CaCO}_3$  образуется Z моль  $\text{CO}_2$

$$Z = 9\,500 \text{ моль}$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 9\,500 \cdot 44 = 418\,000 \text{ г} = 418 \text{ кг}$$

Тогда масса раствора нитрата кальция равна

$$m(p\text{-ра}) = 950 + 2660 - 418 = 3\,192 \text{ кг.}$$

В 1000 кг известняка содержится 50 кг примесей. Наиболее вероятно эти примеси не переходят в раствор, поэтому расчет массы раствора вели только по карбонату кальция.

Тогда массовая доля нитрата кальция в растворе

$$w(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)}{m(p\text{-ра})} = \frac{1558}{3192} = 0,488 = 48,8 \%$$

3. Рассчитаем массу образующегося кристаллогидрата нитрата кальция при выпаривании раствора:

из 1 моль = 164 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  образуется 1 моль = 236 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

из 1 558 кг  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  образуется W кг  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

$$W = 2\,242 \text{ кг}$$

Таким образом, мы получим 2 242 кг тетрагидрата нитрата кальция.

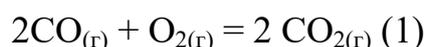
### Разбалловка

Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Расчет массы раствора азотной кислоты	3 б.
Расчет массовой доли нитрата кальция в растворе*	4 б.
Расчет массы тетрагидрата нитрата кальция	2 б.
ИТОГО	10 б.

\*если участник считал массу раствора с массой известняка, то баллы не снижаются

### Задача № 9-5

1. Запишем реакцию горения CO:



Рассчитаем количество вступающего в реакцию СО:

$$n(\text{CO}) = 5,6/28 = 0,2 \text{ моль}$$

Составим пропорцию:

при сгорании 0,2 моль СО выделяется 56,58 кДж теплоты

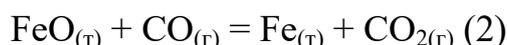
при сгорании 2 моль СО выделяется X кДж теплоты

$$X = 2 \cdot (56,58/0,2) = 565,8 \text{ кДж}$$

В итоге можем записать термохимическое уравнение окисления угарного газа:



Аналогично составим термохимическое уравнение восстановления оксида железа (II):



$$n(\text{FeO}) = 10,8/72 = 0,15 \text{ моль}$$

при восстановлении 0,15 моль FeO выделяется 2,13 кДж теплоты

при восстановлении 1,0 моль FeO выделяется Y кДж теплоты

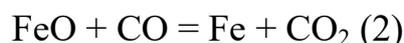
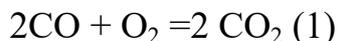
$$Y = 2,13/0,15 = 14,2 \text{ кДж теплоты}$$



2. Теплота образования FeO представляет собой тепловой эффект химической реакции



который можно определить скомбинируя два полученных ранее уравнения:



Уравнение (1) умножим на 0,5 и вычтем уравнение (2):



Аналогично можно поступить с тепловыми эффектами:

$$0,5 \cdot 565,8 + (-1) \cdot 14,2 = 268,7 \text{ кДж/моль} - \text{теплота образования FeO.}$$

### Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) и (2) без тепловых эффектов	2 x 1 б. = 2 б.
Рассчитаны теплоты реакций (1) и (2)	2 x 1 б. = 2 б.
Составлены термохимические уравнения для реакций (1) и (2)	2 x 1 б. = 2 б.
Найдена теплота образования FeO	4 б.
ИТОГО	10 б.