

Пермский край
2023-2024 учебный год
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС**

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
Представлен один из возможных вариантов решения задач

Задача № 9-1

Допустим, что вещество B_1 имеет формулу $H_x\text{Э}$, тогда

$$x : 1 = \frac{1,24}{1} : \frac{100 - 1,24}{A(\text{Э})} = 1,24 : \frac{98,76}{A(\text{Э})}$$

$$A(\text{Э}) = \frac{98,76x}{1,24} = 79,65x$$

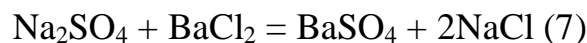
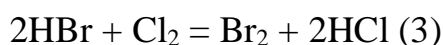
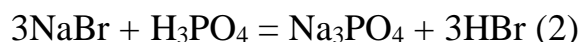
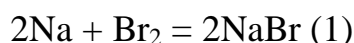
При $x=1$, $A(\text{Э}) = 79,65$ а.е.м, что близко к относительной атомной массе брома, поэтому B_1 – это HBr .

Вероятно, что B – это бромид металла имеющий формулу $\text{Э}Br_x$, тогда

$$x : 1 = \frac{100 - 22,33}{80} : \frac{22,33}{A(\text{Э})} = 0,971 : \frac{22,33}{A(\text{Э})}$$

$$A(\text{Э}) = \frac{22,33x}{0,971} = 22,9x,$$

При $x=1$, $A(\text{Э}) = 22,9$ а.е.м, что близко к относительной атомной массе натрия, поэтому B – это $NaBr$.



A₁	Na	A₂	Na ₃ PO ₄	A₃	NaCl
B₁	Br ₂	B₂	HBr	B	NaBr

Разбалловка

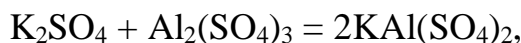
Определение веществ A ₁ –A ₃ , B ₁ , B ₂ , B	6 x 0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений (1)–(7)	7 x 1 б. = 7 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-2

Раствор сульфата калия содержит 15,0 г воды и 3,48 г сульфата калия, поэтому

$$w(K_2SO_4) = \frac{3,48}{15,0 + 3,48} \cdot 100 = 18,84\%$$

Образование сульфата алюминия-калия можно описать уравнением реакции



поэтому

$$n(K_2SO_4) = n(Al_2(SO_4)_3) = n(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = \frac{3,48}{174} = 0,02 \text{ моль},$$

$$m(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O) = 0,02 \cdot 666 = 13,32 \text{ г}.$$

Чтобы вычислить массовую долю сульфата алюминия в исходном растворе, рассчитаем массу безводного сульфата алюминия, которая содержится в 13,32 г кристаллогидрата:

в 1 моль = 666 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ содержится 1 моль = 342 г $Al_2(SO_4)_3$

в 13,32 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ содержится x г $Al_2(SO_4)_3$

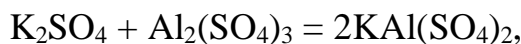
$$x = \frac{13,32 \cdot 342}{666} = 6,84 \text{ г}$$

Таким образом, раствор содержит 6,84 г сульфата алюминия и имеет общую массу $15,0 + 13,32 = 28,32$ г, поэтому

$$w(Al_2(SO_4)_3) = \frac{6,84}{28,32} = 24,15\%$$

В растворе, полученном после смешения, содержится 6,84 г сульфата алюминия, 3,48 г сульфата калия и $15,0 + 15,0 + 13,32 - 6,84 = 36,48$ г воды. Общая масса смеси равна $15,0 + 15,0 + 13,32 + 3,48 = 46,8$ г.

Рассчитаем массу сульфата алюминия-калия, который образуется в растворе:



$$n(KAl(SO_4)_2) = 2n(K_2SO_4) = 0,04 \text{ моль},$$

$$m(KAl(SO_4)_2) = 0,04 \cdot 258 = 10,32 \text{ г}.$$

Рассчитаем массовую долю сульфата алюминия-калия в насыщенном растворе:

$$w(KAl(SO_4)_2) = \frac{5,9}{100,0 + 5,9} \cdot 100 = 5,6\%$$

Допустим, что из нашей смеси кристаллизуется x г алюмокалиевых квасцов, в которых содержится:

в 1 моль = 474 г $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ содержится 1 моль = 258 г $KAl(SO_4)_2$

в x г $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ содержится y г $KAl(SO_4)_2$

$$y = 0,544x \text{ г}$$

Тогда для раствора после кристаллизации верно равенство

$$5,6 = \frac{10,32 - 0,544x}{46,8 - x} \cdot 100,$$

то есть масса сульфата алюминия-калия в насыщенном растворе равна разности между общим количеством сульфата алюминия-калия (10,32 г) и массы безводного сульфата алюминия-калия, который выделился в осадок в виде алюмокалиевых квасцов (0,544x). А масса раствора будет равна разности начальной массы смеси (46,8 г) и массы выпавших кристаллов алюмокалиевых квасцов (x). Решая уравнение, получим

$$x = 15,8 \text{ г.}$$

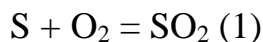
Таким образом, из данной смеси можно получить 15,8 г $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

Расчет массовой доли сульфата калия в исходном растворе	1 б.
Расчет массы $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, необходимой для приготовления раствора	2 б.
Расчет массовой доли сульфата алюминия в исходном растворе	2 б.
Расчет массы полученных алюмокалиевых квасцов (любым способом)	5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-3

При прокаливании смеси в токе кислорода элементарная сера окисляется до газообразного диоксида серы

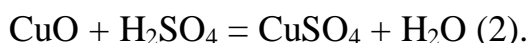


соответственно, уменьшение массы смеси обусловлено удалением из смеси серы, тогда:

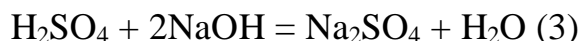
$$m(\text{S}) = 2,2 \text{ г,}$$

$$w(\text{S}) = \frac{2,2}{10,0} = 22,0\% .$$

С серной кислотой взаимодействует оксид меди, при этом образуется растворимая в воде соль – сульфат меди:



При полной нейтрализации оставшейся серной кислоты образуется сульфат натрия:



Согласно уравнению реакции (3) вступило в реакцию:

$$n_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5n(\text{NaOH})$$

Вычислим количество гидроксида натрия, который затрачен на нейтрализацию:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(p - pa)} \cdot 100 \Rightarrow m(\text{NaOH}) = \frac{w(\text{NaOH}) \cdot V(p - pa) \cdot \rho}{100} = \frac{10,0 \cdot 44,0 \cdot 1,1089}{100} = 4,88 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{4,88}{40} = 0,122 \text{ моль}$$

В исходном растворе содержалось серной кислоты:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(p - pa)} \cdot 100 \Rightarrow m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(p - pa)}{100} = \frac{10 \cdot 100}{100} = 10 \text{ г}$$

$$n_0(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10}{98} = 0,102 \text{ моль}.$$

Отсюда, количество серной кислоты, которая затрачена на растворение оксида меди:

$$n_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,102 - 0,5 \cdot 0,122 = 0,041 \text{ моль}.$$

Согласно уравнению реакции (2)

$$n(\text{CuO}) = n_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,041 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = 0,041 \cdot 80 = 3,28 \text{ г}$$

$$w(\text{CuO}) = \frac{3,28}{10,0} = 32,8\%$$

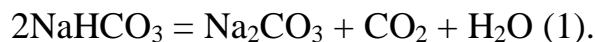
$$w(\text{SiO}_2) = 100 - 22 - 32,8 = 45,2\%$$

Разбалловка

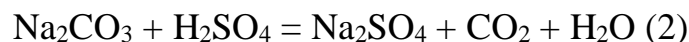
Написание уравнений реакций (1)–(3)	3 x 1 б. = 3 б.
Расчет массовой доли серы и диоксида кремния	2 x 2 б. = 4 б.
Вычисление массовой доли оксида меди	3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-4

Гидрокарбонат натрия имеет тривиальное название пищевая или питьевая сода. При термическом разложении гидрокарбоната натрия образуется карбонат натрия – кальцинированная сода:



При взаимодействии серной кислоты и карбоната натрия возможно образование следующих продуктов:



Исходя из объема выделившегося углекислого газа, вычислим массу карбоната натрия в прокаленной навеске. Из уравнений (2) или (3):

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = \frac{0,055}{22,4} = 0,0025 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0025 \cdot 106 = 0,265 \text{ г}$$

Согласно уравнению реакции (1):

$$n(\text{NaHCO}_3) = 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,0025 = 0,005 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,005 \cdot 56 = 0,42 \text{ г}$$

Отсюда найдем массу примесей и их массовую долю:

$$m(\text{примесей}) = 0,500 - 0,420 = 0,08 \text{ г}$$

$$w(\text{примесей}) = \frac{0,08}{0,500} \cdot 100 = 16,0\%$$

Твердый остаток после прокаливания будет образован карбонатом натрия и примесями, поэтому его масса будет равна

$$m(\text{остатка}) = 0,265 + 0,08 = 0,345 \text{ г.}$$

Чтобы определить какое из уравнений (2) или (3) соответствует условиям взаимодействия, рассчитаем количество серной кислоты:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(p - pa)} \cdot 100 \Rightarrow m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(p - pa)}{100} = \frac{50,0 \cdot 4,5}{100} = 2,25 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{2,25}{98} = 0,023 \text{ моль}$$

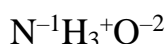
Так как количество серной кислоты взятой для реакции почти в 10 раз больше, чем количество карбоната натрия (0,0025 моль), то протекает реакция (3) и продуктом реакции является гидросульфат натрия.

Разбалловка

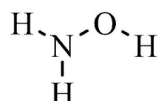
Указание тривиальных названий гидрокарбоната и карбоната натрия	2 x 0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений (1) и (3)	2 x 1 б. = 2 б.
Доказательство того, что образуется гидросульфат натрия	2 б.
Расчет массы гидрокарбоната натрия в навеске	3 б.
Вычисление массовой доли примесей в гидрокарбонате натрия	1 б.
Расчет массы твердого остатка после прокаливания	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-5

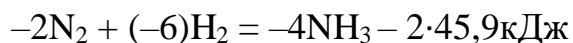
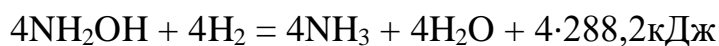
Степени окисления

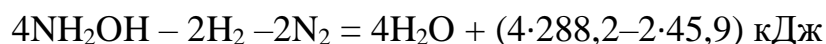


Структурная формула

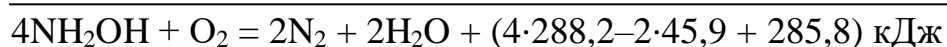
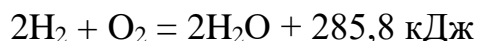
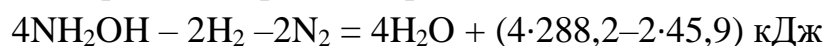


Так как в реакции горения гидроксил умножим реакцию (1) на 4 и вычтем из нее реакцию (2) умножив в ней все коэффициенты на два:





Затем к полученной реакции прибавим реакцию (3):



Вычисляя тепловой эффект получим 1346,8 кДж.

Рассчитаем массу гидроксилamina в навеске исходя из величины теплового эффекта:

при сгорании 4 моль гидроксилamina выделяется 1346,8 кДж теплоты

при сгорании x моль – 25 кДж теплоты

$$x = 0,074 \text{ моль,}$$

$$m(\text{NH}_2\text{OH}) = 0,074 \cdot 33 = 2,45 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_2\text{OH}) = \frac{2,45}{5,5} \cdot 100 = 44,6\%$$

Исходя из уравнения реакции



в навеске помимо гидроксилamina и примесей содержится хлороводородная кислота (хоть и формально):

$$m(\text{HCl}) = 0,074 \cdot 36,5 = 2,7 \text{ г;}$$

$$m(\text{примесей}) = 0,35 \text{ г,}$$

$$\omega(\text{примесей}) = \frac{0,35}{5,5} \cdot 100 = 6,4\%$$

Разбалловка

Структурная формула гидроксилamina	1 б.
Указание степеней окисления элементов в гидроксилamine	1 б.
Расчет теплового эффекта реакции сгорания гидроксилamina	3 б.
Расчет количества гидроксилamina по тепловому эффекту	2 б.
Расчет массовой доли гидроксилamina	1 б.
Расчет массовой доли примесей	2 б.
ИТОГО	10 б.