

Всероссийская олимпиада школьников по химии

Муниципальный этап

2022 – 2023 уч. г.

9 класс

Решения и критерии оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1

- $6\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{Br}_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{BrO}_3)_2 + 5\text{BaBr}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- $8\text{NaI} + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{I}_2 + 8\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 8\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 2\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{HI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Rb}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{RbCl} + 8\text{H}_2\text{O}$

Критерии оценивания:

1. Определение каждого пропущенного вещества по 2 балла

Итого 20 баллов

Задача 6

A	B	C	D	E
NaCl	H ₂	Cl ₂	KClO ₃	HCl

Уравнения реакций:

- $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2$ (электролиз)
- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
- $6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$
- $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = \text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

Критерии оценивания:

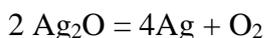
1. Определение формул веществ А – Е по 2 балла
2. Написание уравнений реакций с верными коэффициентами по 2 балла

Итого 20 баллов

Задача 3

При гидролизе бинарных соединений могут получаться либо две кислоты, либо летучее водородное соединение и гидроксид металла – щелочь (так как в задаче получился раствор). Но кислоты не могут давать осадок с Na_3PO_4 , так как у натрия все соли (кроме экзотического типа $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$) растворимы. Поэтому металл щелочной, щелочноземельный или Tl.

Пусть металл одновалентный. Тогда:



$$\nu(\text{Me}) = \nu(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} = \frac{3,237 \text{ г}}{107,9 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$$

Тогда формула фосфата Me_3PO_4 .

$$\nu(\text{Me}_3\text{PO}_4) = \frac{\nu(\text{Me})}{3} = \frac{0,03 \text{ моль}}{3} = 0,01 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{Me}_3\text{PO}_4)}{\nu(\text{Me}_3\text{PO}_4)} = \frac{1,158 \text{ г}}{0,01 \text{ моль}} = 115,8 \text{ г/моль}$$

Следовательно:

$$M(\text{Me}) = 6,93 \text{ г/моль}$$

Это **литий (X)**, и в бинарном соединении его было 0,06 моль или 0,416 г.

Тогда масса второго элемента **Y** равна $0,477 - 0,416 = 0,061$ (г). Поскольку литий в соединениях обычно находится в степени окисления +1, то логично предположить, что вещество **A** имеет формулу Li_nY . Перебирая различные варианты, приходим к $n = 1$ и $M(\text{Y}) = 1,01$ (г/моль). Тогда **Y** – это водород, **A** - гидрид лития LiH, **C** - гидроксид лития LiOH, **D** - фосфат лития Li_3PO_4 , **E** - серебро.

Упомянутые вещества:

A	X	Y	B	C	D	E
LiH	Li	H	H ₂	LiOH	Li ₃ PO ₄	Ag

Уравнения реакций:

6. $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2$
7. $3\text{LiOH} + \text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{NaOH}$
8. $2\text{LiOH} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + 2\text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
9. $2 \text{Ag}_2\text{O} = 4\text{Ag} + \text{O}_2$

Критерии оценивания:

- | | |
|---|------------|
| 1. Определение элементов X и Y | по 1 баллу |
| 2. Определение формул веществ А-Е | по 2 балла |
| 3. Написание уравнений реакций с верными коэффициентами
(Если уравнение написано верно, но коэффициенты отсутствуют, то выставляется 1 балл) | по 2 балла |

Итого

20 баллов

Задача 4

Бесцветный газ с неприятным запахом с кислотными свойствами это- сернистый газ.

1. $\text{SO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_3 + 2\text{KCl}$
3. $\text{BaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$

Если выделившийся в этой реакции газ - только SO_2 , тогда после окисления сульфита иодом и обработки смеси раствором хлорида бария в осадке должен быть только сульфат бария, нерастворимый в кислотах.



Однако часть осадка растворилась в соляной кислоте с выделением бесцветного газа с кислотными свойствами, возможно, CO_2 . Это приводит к выводу, что газ, полученный при сгорании жидкости, состоит из двух веществ.

Тогда щелочью поглотился и углекислый газ.

6. $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 = \text{BaCO}_3 + 2\text{KCl}$
8. $\text{BaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Рассчитаем состав молекулы исходной жидкости.

В нерастворившемся остатке:

$$v(S) = v(\text{BaSO}_4) = \frac{m(\text{BaSO}_4)}{M(\text{BaSO}_4)} = \frac{2,33 \text{ г}}{233 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}$$

С учетом того, что была взята 1/10 часть раствора, в исходной жидкости содержалось серы 0,1 моль, то есть 3,2 г.

Масса растворившегося осадка карбоната бария:

$$m(\text{BaCO}_3_{\text{ост}}) = m(\text{BaCO}_3_{\text{всего}}) - m(\text{BaCO}_3_{\text{раств}}) = 3,315 \text{ г} - 2,33 \text{ г} = 0,985 \text{ г}$$

$$v(C) = v(\text{BaCO}_3_{\text{ост}}) = \frac{m(\text{BaCO}_3_{\text{ост}})}{M(\text{BaCO}_3_{\text{ост}})} = \frac{0,985 \text{ г}}{197 \text{ г/моль}} = 0,005 \text{ моль}$$

С учетом разбавления:

$$v(C) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(C) = 0,6 \text{ г}$$

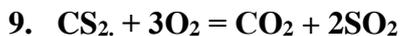
Общая масса вещества:

$$m(B - \text{ва}) = m(C) + m(S) = 0,6 \text{ г} + 3,2 \text{ г} = 3,8 \text{ г}$$

Следовательно, это бинарное соединение, в котором $\nu(C) : \nu(S) = 1 : 2$

Формула жидкости - CS_2 .

Горение сероуглерода:



Критерии оценивания:

1. Определение формулы исходного соединения, 2 балла
подтвержденное расчетом
2. Написание уравнений реакций с верными коэффициентами по 2 балла
(Если уравнение написано верно, но коэффициенты отсутствуют, то выставляется 1 балл)

Итого

20 баллов

Задача 5

1. По уравнению Менделеева-Клапейрона найдем общее количество вещества после прохождения реакции:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{48,93 \cdot 101325 \text{ Па} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298,15 \text{ К}} = 2 \text{ моль}$$

	3H_2	+	N_2	=	2NH_3
Было, моль	2		1		0
Прореагировало, моль	3x		x		
Стало, моль	2-3x		1-x		2x

Суммарное количество вещества после реакции:

$$2 - 3x + 1 - x + 2x = 3 - 2x$$

Тогда:

$$3 - 2x = 2 \text{ моль}$$

$$2x = 1 \text{ моль}$$

Тогда получено **1 моль** аммиака.

2. Рассчитаем во сколько раз увеличился объем шара:

$$x = \frac{V(\text{конеч.})}{V(\text{нач.})} = \frac{\frac{1}{6}\pi D_2^3}{\frac{1}{6}\pi D_1^3} = \frac{(1.1D_1)^3}{D_1^3} = 1,331$$

Учитывая то, что про изменение температуры и количества газа в шарике в условии не сказано, примем их неизменными, тогда:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{x} \cong 0,75$$

Получается, что давление газа в шарике на горе составляет 0,75 от давления на точке старта и равно $760 \cdot 0,75 = 570$ мм.рт.ст. Разница давлений равна 190 мм.рт.ст., а высота горы по формуле должна составлять порядка **1995 метров**.

Критерии оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Определение общего количества вещества газов после окончания реакции | 4 балла |
| 2. Расчет количества полученного аммиака | 6 баллов |
| 3. Расчет высоты горы | 10 баллов |
| (Верное решение при наличии арифметической ошибки оценивается половиной баллов) | |

Итого

20 баллов

Задача 6

Исходя из данных о мольных долях элементов в образцах установим брутто-формулы данных химических веществ:

1. $A : B : C = 20 : 20 : 60 = 1 : 1 : 3$
2. $A : D : E : F : C = 2,08 : 2,08 : 4,16 : 50 : 41,67 = 1 : 1 : 2 : 24 : 20$
3. $F : B : C = 44,44 : 22,22 : 33,33 = 4 : 2 : 3$
4. $A : D : C = 25 : 25 : 50 = 1 : 1 : 2$
5. $A : C = 33,33 : 66,66 = 1 : 2$

Исходя из того, что каждый из 6 образцов содержит элемент **C**, а наиболее распространённым в земной коре является кислород, можно предположить, что **C = O**. Рассчитаем молярные массы образцов 1-5 исходя из нашего предположения:

Образец	Химическая формула	Молярная масса, г/моль
1	ABO_3	101
2	$ADE_2F_{24}O_{20}$	474
3	$F_4B_2O_3$	80
4	ADO_2	98
5	AO_2	71

Очевидно, что из полученных данных легко установить молярную массу элемента А. Она равна 39 г/моль, тогда **А = К**. Расшифруем остальные элементы.

1. На один атом D приходится 27 г/моль – **D = Al**
2. На один атом В приходится 14 г/моль – **B = N**
3. На 4 атома F приходится 4 г/моль, тогда молярная масса F 1 г/моль – **F = H**
4. На два атома E приходится 64 г/моль, тогда молярная масса E 32 г/моль – **E = S**

Таким образом, были синтезированы следующие вещества:

Образец	Химическая формула
1	KNO_3
2	$KAlS_2H_{24}O_{20}$, или $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
3	$H_4N_2O_3$, или NH_4NO_3
4	$KAlO_2$
5	KO_2

Критерии оценивания:

1. Определение формул веществ 1 – 5, подтвержденное по 4 балла расчетами

Итого

20 баллов