

**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**

1.  $6\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{Br}_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{BrO}_3)_2 + 5\text{BaBr}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
2.  $8\text{NaI} + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{I}_2 + 8\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 8\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 2\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
4.  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{HI} \rightarrow 2\text{FeI}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
5.  $2\text{Rb}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{RbCl} + 8\text{H}_2\text{O}$

**Критерии оценивания:**

1. Определение каждого пропущенного вещества по 2 балла

**Итого 20 баллов**

**Задача 6**

| A    | B              | C               | D                 | E   |
|------|----------------|-----------------|-------------------|-----|
| NaCl | H <sub>2</sub> | Cl <sub>2</sub> | KClO <sub>3</sub> | HCl |

**Уравнения реакций:**

1.  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2$  (электролиз)
2.  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
3.  $6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$
5.  $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = \text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

**Критерии оценивания:**

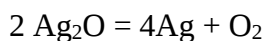
1. Определение формул веществ А – Е по 2 балла
2. Написание уравнений реакций с верными коэффициентами по 2 балла

**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  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , 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  $\text{Me}_3\text{PO}_4$ .

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

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

Следовательно:

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

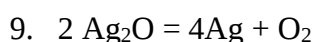
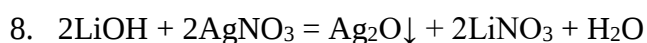
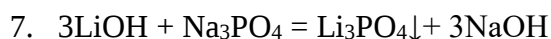
Это **литий (X)**, и в бинарном соединении его было 0,06 моль или 0,416 г.

Тогда масса второго элемента **Y** равна  $0,477 - 0,416 = \mathbf{0,061 \text{ (г)}}$ . Поскольку литий в соединениях обычно находится в степени окисления +1, то логично предположить, что вещество **A** имеет формулу  $\text{Li}_n\text{Y}$ . Перебирая различные варианты, приходим к  $n = 1$  и  $M(\text{Y}) = 1,01 \text{ (г/моль)}$ . Тогда **Y** – это водород, **A** - гидрид лития  $\text{LiH}$ , **C** - гидроксид лития  $\text{LiOH}$ , **D** - фосфат лития  $\text{Li}_3\text{PO}_4$ , **E** - серебро.

Упомянутые вещества:

| A   | X  | Y | B              | C    | D                               | E  |
|-----|----|---|----------------|------|---------------------------------|----|
| LiH | Li | H | H <sub>2</sub> | LiOH | Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | Ag |

**Уравнения реакций:**



**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                              | по 2 балла |
| (Если уравнение написано верно, но коэффициенты отсутствуют, то выставляется 1 балл) |            |

**Итого**

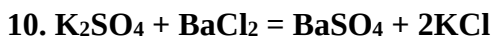
**20 баллов**

#### **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  $\text{SO}_2$ , 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,  $\text{CO}_2$ . 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:

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

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:

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

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

С учетом разбавления:

$$\nu(C) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(C) = 0,6 \text{ г}$$

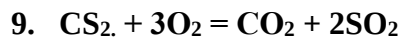
Общая масса вещества:

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

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

Формула жидкости -  $\text{CS}_2$ .

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:

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

|                      |               |   |              |   |                |
|----------------------|---------------|---|--------------|---|----------------|
|                      | $3\text{H}_2$ | + | $\text{N}_2$ | = | $2\text{NH}_3$ |
| 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 **A = K**. 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**