

**Областная олимпиада по химии им. Н.Н. Семёнова
2017-2018 учебный год**

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 80)

Задача 1

Решение.

1. Определим число молей HCl и NH₃, содержащихся в 300 л газа при н.у.:

$$n(\text{газ}) = 300 \text{ л} / 22.4 \text{ (л/моль)} = 13.4 \text{ моль.}$$

2. Определим массу 13.4 моль HCl и NH₃, соответственно:

$$m(\text{HCl}) = 13.4 \text{ моль} \cdot 36.5 \text{ г/моль} = 489.1 \text{ г,}$$

$$m(\text{NH}_3) = 13.4 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 227.8 \text{ г.}$$

3. Рассчитаем массу воды, необходимую для образования 15%-ного и 5%-ного водных растворов HCl и NH₃, соответственно:

$$15 = \frac{489.1 \cdot 100}{489.1 + m(\text{H}_2\text{O})},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2771.6 \text{ г} - \text{ для образования 15\%-ного раствора HCl;}$$

$$5 = \frac{227.8 \cdot 100}{227.8 + m(\text{H}_2\text{O})},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4328.2 \text{ г} - \text{ для образования 5\%-ного раствора NH}_3.$$

4. Необходимый объём (мл) воды (плотность воды при комнатной температуре равна 1 г/мл):

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 2771.6 \text{ мл} - \text{ для образования 15\%-ного раствора HCl;}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 4328.2 \text{ мл} - \text{ для образования 5\%-ного раствора NH}_3.$$

Ответ: 2771.6 мл и 4328.2 мл.

Разбалловка: (10 баллов)

за определение числа молей газов – 2 балла,

за расчет массы газов – 2 балла,

за расчет массы воды – 4 балла,

за определение объёма воды – 2 балла.

Задача 2

Решение.

1. Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} A(Y) = 2A(X) \\ A(Y) = 5A(Z) \\ A(Y) - A(X) = 40 \end{cases}, 2A(X) - A(X) = 40, A(X) = 40, A(Y) = 80, A(Z) = 16.$$

Получаем, что элемент **X** – это кальций (**Ca**), элемент **Y** – бром (**Br**), а элемент **Z** – кислород (**O**).

2. Между собой эти элементы могут образовывать несколько химических соединений – кислородсодержащих солей кальция:

- Ca(BrO₃)₂ – бромат кальция;

- $\text{Ca}(\text{BrO})_2$ – гипобромит кальция;
- $\text{Ca}(\text{BrO}_4)_2$ – пербромат кальция;
- $\text{Ca}(\text{Br})\text{OBr}$ – бромидгипобромит кальция;

Ответ: элемент **X** – это кальций (**Ca**), элемент **Y** – бром (**Br**), элемент **Z** – кислород (**O**), химические соединения – $\text{Ca}(\text{BrO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{BrO})_2$, $\text{Ca}(\text{BrO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{Br})\text{OBr}$.

Разбалловка: (10 баллов)

за составление системы уравнений и определение элементов – 4 балла,
за определение элементов – 3 балла,
за названия и формулы соединений – 3 балла.

Задача 3

Решение.

По совокупности сведений о растворимости солей и характерной окраске пламени с использованием таблицы растворимости солей нетрудно установить, что в состав соединения **X** входит Li^+ . Следовательно, соединение **X** – LiOH (гидроксид лития).

- | | |
|---|--|
| 1) $\text{LiOH} + \text{HF} \rightarrow \text{LiF}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$, | X – гидроксид лития LiOH ; |
| 2) $\text{LiF} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{LiNO}_3 + \text{HF}$, | Y – нитрат лития LiNO_3 ; |
| 3) $3\text{LiNO}_3 + \text{Na}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{AsO}_4\downarrow + 3\text{NaNO}_3$, | L – ортоарсенат лития Li_3AsO_4 ; |
| 4) $\text{Li}_3\text{AsO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{LiHSO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_4$, | D – гидросульфат лития LiHSO_4 ; |
| 5) $2\text{LiHSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{NaHSO}_4$, | M – карбонат лития Li_2CO_3 ; |
| 6) $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{LiCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$, | E – хлорид лития LiCl ; |
| 7) $3\text{LiCl} + \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{KCl}$, | A – ортофосфат лития Li_3PO_4 ; |
| 8) $\text{Li}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{LiHSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$, | |
| 9) $\text{LiHSO}_4 \xrightarrow{\text{пламя}}$ тёмно-красная окраска пламени. | |

Ответ: соединение **X** – LiOH .

Разбалловка: (15 баллов)

за определение лития – 6 баллов,
за реакции 1-9 (за каждую по 1 баллу) – 9 баллов.

Задача 4

Решение.

1. Определим число атомов Ne в смеси:

$$V(\text{Ne}) = \varphi \cdot V_{\text{смеси}} = 0.25 \cdot 0.7 = 0.175 \text{ л,}$$

$$n(\text{Ne}) = \frac{V(\text{Ne})}{V_m} = \frac{N(\text{Ne})}{N_A},$$

где N_A – число Авогадро ($6.02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹),

$$N(\text{Ne}) = \frac{V(\text{Ne}) \cdot N_A}{V_m} = \frac{0.175 \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{22.4 \text{ л/моль}} = 470.31 \cdot 10^{19}.$$

2. Рассуждая аналогично для молекулярного хлора (Cl_2) и диоксида

углерода (CO_2) получаем, что число молекул Cl_2 и CO_2 равно:

$$N(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2) \cdot N_A}{V_m} = \frac{(0.1 \cdot 0.7) \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{22.4 \text{ л/моль}} = 188.13 \cdot 10^{19},$$

отсюда число атомов хлора равно $N(\text{Cl}) = 2 \cdot N(\text{Cl}_2) = 376.25 \cdot 10^{19}$;

$$N(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2) \cdot N_A}{V_m} = \frac{(0.65 \cdot 0.7) \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{22.4 \text{ л/моль}} = 1222.81 \cdot 10^{19},$$

$$N(\text{C}) = 1222.81 \cdot 10^{19}; N(\text{O}) = 2445.62 \cdot 10^{19},$$

а общее число атомов углерода и кислорода равно $N(\text{C, O}) = 3 \cdot N(\text{CO}_2) = 3668.44 \cdot 10^{19}$.

3. Определим общее число молей атомов в системе:

$$\begin{aligned} \nu(\text{Ne, Cl, C, O}) &= \frac{N(\text{Ne}) + N(\text{Cl}) + N(\text{C, O})}{N_A} = \\ &= \frac{470.31 \cdot 10^{19} + 376.25 \cdot 10^{19} + 3668.44 \cdot 10^{19}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 0.075 \text{ моль}. \end{aligned}$$

Ответ: $N(\text{Ne}) = 470.31 \cdot 10^{19}$; $N(\text{Cl}) = 376.25 \cdot 10^{19}$; $N(\text{C}) = 1222.81 \cdot 10^{19}$;
 $N(\text{O}) = 2445.62 \cdot 10^{19}$; $\nu(\text{Ne, Cl, C, O}) = 0.075$ моль.

Разбалловка: (13 баллов)

за определение числа атомов (за каждое вещество 3 балла) – 12 баллов,
за определение общего числа молей атомов в системе – 1 балл.

Задача 5

Решение.

1. Пусть имеем 100 г минерала $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, тогда масса MgSiO_3 составляет 30 г, а масса FeSiO_3 составляет 70 г.

2. Определим массу и массовую долю Si в $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$:

а) в 1 моле MgSiO_3 ($M(\text{MgSiO}_3) = 100$ г/моль) содержится 28 г Si, тогда в 30 г MgSiO_3 содержится x г Si. Следовательно, в 30 г MgSiO_3 содержится 8.4 г Si;

б) в 1 моле FeSiO_3 ($M(\text{FeSiO}_3) = 132$ г/моль) содержится 28 г Si, тогда в 70 г FeSiO_3 содержится x г Si. Следовательно, в 70 г FeSiO_3 содержится 14.85 г Si;

в) общая масса Si в 100 г $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ равна $8.4 + 14.85 = 23.25$ г;

г) массовая доля Si равна:

$$\omega(\text{Si}) = \frac{23.25 \text{ г} \cdot 100\%}{100 \text{ г}} = 23.25\%.$$

3. Определим массу Fe в 1000 кг (1 т) $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$:

а) массовая доля Fe в минерале равна 29.7% ($70 \cdot 56 / 132 = 29.7$ г. – масса Fe в 100 г $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, что соответствует 29.7%);

б) масса Fe в 1000 кг (1 т) $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ составляет $1000 \cdot 0.297 = 297$ кг (0.297 т).

Ответ: $\omega(\text{Si}) = 23.25\%$; $m(\text{Fe}) = 297$ кг.

Разбалловка: (10 баллов)

за определение массовой доли Si в минерале – 8 баллов,
за определение массы Fe в 1 т минерала – 2 балла.

Задача 6

Решение.

Пусть соединение содержит a_1 атомов элемента A_1 со степенью окисления n_1 , a_2 атомов элемента A_2 со степенью окисления n_2 и т.д. Если сумма $a_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot n_2 + a_3 \cdot n_3 + \dots + a_i \cdot n_i = \sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$, то формула соединения записана верно. Итак:

1) $\text{Ca}^{+2}(\text{Al}^{+3}\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_8)_2$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

2) $\text{Na}^{+1}\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_2\text{O}^{-2}_8$ – формула неверна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i \neq 0$);

3) $\text{K}^{+1}\text{Al}^{+3}_3\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_{10}(\text{O}^{-2}\text{H}^{+1})_2$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

4) $\text{Na}^{+1}\text{Ca}^{+2}\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_{10}$ – формула неверна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i \neq 0$);

5) $\text{Ca}^{+2}_2\text{Al}^{+3}\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_{10}$ – формула неверна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i \neq 0$);

6) $\text{Na}^{+1}\text{Al}^{+3}\text{Si}_4\text{O}^{-2}_{10}$ – формула неверна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i \neq 0$);

7) $\text{Na}^{+1}_2\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_4\text{O}^{-2}_{15}$ – формула неверна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i \neq 0$);

8) $\text{Fe}^{+2}_3\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_{12}$ – формула верна (при условии Fe^{2+}) ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

9) $\text{Na}^{+1}\text{Al}^{+3}\text{Si}^{+4}_3\text{O}^{-2}_8$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

10) $\text{Mg}^{+2}_2\text{Al}^{+3}_4\text{Si}^{+4}_5\text{O}^{-2}_{18}$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

11) $\text{Be}^{+2}_3\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_6\text{O}^{-2}_{18}$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$);

12) $\text{Sr}^{+2}_2\text{Al}^{+3}_2\text{Si}^{+4}_4\text{O}^{-2}_{13}$ – формула верна ($\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$).

Разбалловка: (12 баллов)

за правильный ответ по 1 баллу за каждое вещество - 12 баллов.

Задача 7

Решение.

Возможно несколько вариантов решения. Приведем два из возможных:

1) NH_4ClO_4 – 0.2 моль; $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ – 0.1 моль; RbCl – 0.2 моль; Na_2SO_4 –

0.3 моль;

2) NH_4Cl – 0.2 моль; $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ – 0.1 моль; RbClO_4 – 0.2 моль; Na_2SO_4 – 0.3 моль.

Ответ: 1) NH_4ClO_4 – 0.2 моль; $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ – 0.1 моль; RbCl – 0.2 моль; Na_2SO_4 – 0.3 моль; 2) NH_4Cl – 0.2 моль; $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ – 0.1 моль; RbClO_4 – 0.2 моль; Na_2SO_4 – 0.3 моль.

Разбалловка: (10 баллов)

за общий план решения – 2 балла,

за определение состава каждого из веществ (по 2 балла за вещество) – 8 баллов.

Экспериментальный тур

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 20)

Предлагается *одна из возможных схем* проведения анализа, что необходимо при оценивании результатов данного этапа олимпиады.

1. Для идентификации веществ в первом наборе воспользуемся фенофталеиновой бумагой. Установим, в каких пробирках находятся кислоты, а в каких щелочи. Для этого опустим краешек фенолфталеиновой бумаги в каждую пробирку первого набора. В растворах кислот индикаторная бумага не будет менять свой цвет, а в растворах щелочей станет малиновой. Затем попарно смешаем растворы кислот и щелочей. Выпадение белого осадка сульфата бария, позволит определить пробирки с $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и H_2SO_4 , соответственно в оставшихся двух пробирках будут находиться NaOH и HCl .

Заполним таблицу, отражающую эффекты, проявляющиеся в результате взаимодействия веществ первого набора с веществами второго набора:

	Na_2SO_4	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	BaCl_2	NH_4Cl	MnSO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_2CO_3
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ белый	$\text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$ белый, растворяется в избытке щелочи	-	$\text{NH}_3 \uparrow$ запах	$\text{MnO}(\text{OH}) \downarrow$ бурый $\text{BaSO}_4 \downarrow$ белый	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ белый $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ белый, растворяется в избытке щелочи	$\text{BaCO}_3 \downarrow$ белый
NaOH	-	$\text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$ белый, растворяется в избытке щелочи	-	$\text{NH}_3 \uparrow$ запах	$\text{MnO}(\text{OH}) \downarrow$ бурый	$\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ белый, растворяется в избытке щелочи	-
H_2SO_4	-	$\text{PbSO}_4 \downarrow$ белый	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ белый	-	-	-	$\text{CO}_2 \uparrow$
HCl	-	$\text{PbCl}_2 \downarrow$ белый	-	-	-	-	$\text{CO}_2 \uparrow$

2. Проведем реакции между веществами второго и первого набора. Для этого последовательно к небольшим объемам каждого раствора из второго набора добавим $\text{Ba}(\text{OH})_2$, NaOH , H_2SO_4 и HCl . По наблюдаемым эффектам химических реакций можно заключить следующее:

1) в пробирках с Na_2SO_4 и BaCl_2 выпадет только один осадок BaSO_4 при добавлении соответственно $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и H_2SO_4 ;

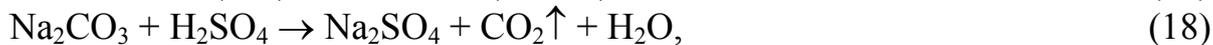
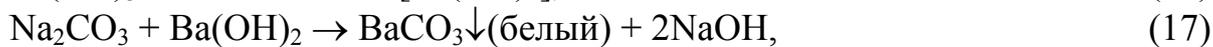
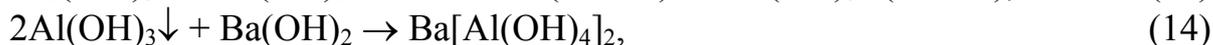
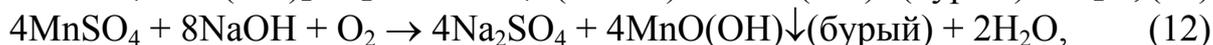
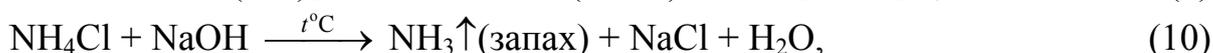
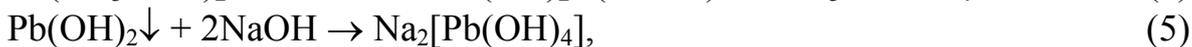
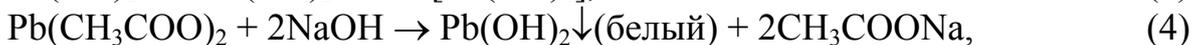
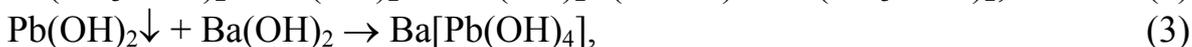
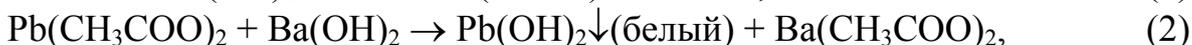
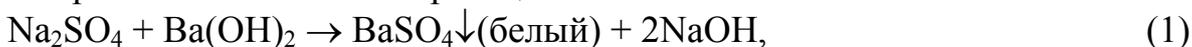
2) в пробирке с MnSO_4 при добавлении щелочей будет образовываться бурый осадок $\text{MnO}(\text{OH})$;

3) в пробирках с $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ добавление щелочей будет приводить к выпадению белого осадка гидроксида алюминия, растворимого в

избытке щелочи, но при добавлении кислот осадок выпадет только в случае $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$;

4) в случае NH_4Cl газ будет выделяться только при добавлении растворов щелочей, а в случае Na_2CO_3 только при добавлении кислот.

3. Уравнения химических реакций:



Разбалловка: (20 баллов)

за определение кислот и оснований с помощью индикаторной бумаги – 2 балла,

за составление таблицы после взаимодействия веществ первого и второго наборов - 4 балла,

за правильную интерпретацию выпавших осадков (за каждый осадок 0.5 балла) – 3.5 балла,

за правильную интерпретацию выделившихся газов (по 0.5 балла за газ) – 1 балл,

за уравнения реакций (по 0.5 балла за реакцию) – 9.5 баллов.

Внимание! Разбалловка дана применительно к данному решению. В случае другого правильного варианта решения можно использовать другую разбалловку, но суммарное число баллов не должно превышать 20!