

**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 NH<sub>3</sub>, 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 NH<sub>3</sub>, 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 NH<sub>3</sub>, 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(BrO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 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  $\text{Li}^+$ . Следовательно, соединение **X** –  $\text{LiOH}$  (гидроксид лития).

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{LiOH} + \text{HF} \rightarrow \text{LiF}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ,                            | <b>X</b> – гидроксид лития $\text{LiOH}$ ;               |
| 2) $\text{LiF} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{LiNO}_3 + \text{HF}$ ,  | <b>Y</b> – нитрат лития $\text{LiNO}_3$ ;                |
| 3) $3\text{LiNO}_3 + \text{Na}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{AsO}_4\downarrow + 3\text{NaNO}_3$ ,  | <b>L</b> – ортоарсенат лития $\text{Li}_3\text{AsO}_4$ ; |
| 4) $\text{Li}_3\text{AsO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{LiHSO}_4 + \text{H}_3\text{AsO}_4$ ,    | <b>D</b> – гидросульфат лития $\text{LiHSO}_4$ ;         |
| 5) $2\text{LiHSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{NaHSO}_4$ ,  | <b>M</b> – карбонат лития $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ;     |
| 6) $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{LiCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , | <b>E</b> – хлорид лития $\text{LiCl}$ ;                  |
| 7) $3\text{LiCl} + \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{KCl}$ ,          | <b>A</b> – ортофосфат лития $\text{Li}_3\text{PO}_4$ ;   |
| 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** –  $\text{LiOH}$ .

**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  $\text{Ne}$  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<sup>-1</sup>),

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

2. Рассуждая аналогично для молекулярного хлора ( $\text{Cl}_2$ ) и диоксида

углерода ( $\text{CO}_2$ ) получаем, что число молекул  $\text{Cl}_2$  и  $\text{CO}_2$  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  $\text{MgSiO}_3$  составляет 30 г, а масса  $\text{FeSiO}_3$  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  $\text{MgSiO}_3$  ( $M(\text{MgSiO}_3) = 100$  г/моль) содержится 28 г Si, тогда в 30 г  $\text{MgSiO}_3$  содержится  $x$  г Si. Следовательно, в 30 г  $\text{MgSiO}_3$  содержится 8.4 г Si;

б) в 1 моле  $\text{FeSiO}_3$  ( $M(\text{FeSiO}_3) = 132$  г/моль) содержится 28 г Si, тогда в 70 г  $\text{FeSiO}_3$  содержится  $x$  г Si. Следовательно, в 70 г  $\text{FeSiO}_3$  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  $\text{Fe}^{2+}$ ) ( $\sum_{i=1}^k a_i \cdot n_i = 0$ );

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)  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  – 0.2 моль;  $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$  – 0.1 моль;  $\text{RbCl}$  – 0.2 моль;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  –

0.3 моль;

2)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – 0.2 моль;  $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$  – 0.1 моль;  $\text{RbClO}_4$  – 0.2 моль;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 0.3 моль.

**Ответ:** 1)  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  – 0.2 моль;  $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$  – 0.1 моль;  $\text{RbCl}$  – 0.2 моль;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 0.3 моль; 2)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – 0.2 моль;  $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$  – 0.1 моль;  $\text{RbClO}_4$  – 0.2 моль;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , соответственно в оставшихся двух пробирках будут находиться  $\text{NaOH}$  и  $\text{HCl}$ .

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

	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	$\text{BaCl}_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{MnSO}_4$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ 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
$\text{NaOH}$	-	$\text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$ 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	-
$\text{H}_2\text{SO}_4$	-	$\text{PbSO}_4 \downarrow$ белый	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ белый	-	-	-	$\text{CO}_2 \uparrow$
$\text{HCl}$	-	$\text{PbCl}_2 \downarrow$ 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  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HCl}$ . По наблюдаемым эффектам химических реакций можно заключить следующее:

1) в пробирках с  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{BaCl}_2$  выпадет только один осадок  $\text{BaSO}_4$  при добавлении соответственно  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

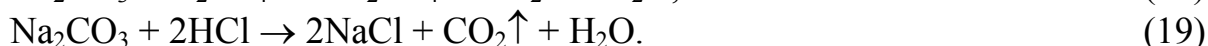
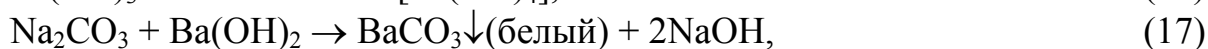
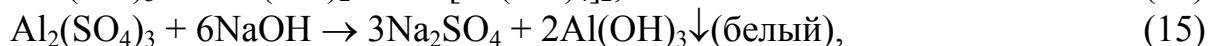
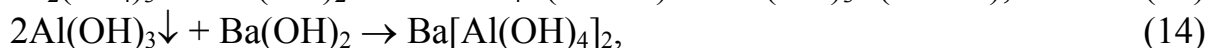
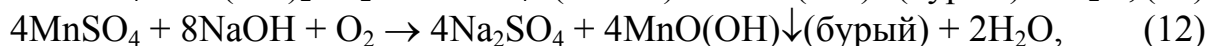
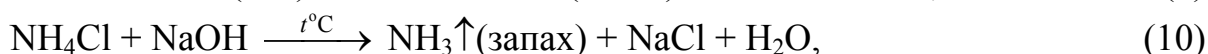
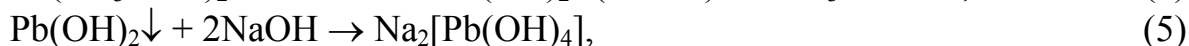
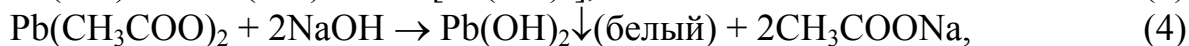
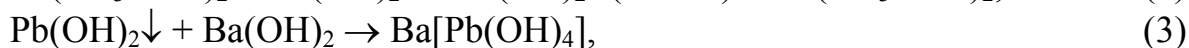
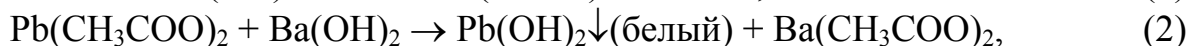
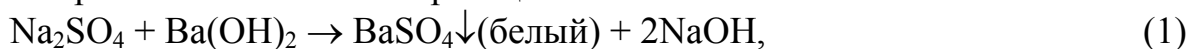
2) в пробирке с  $\text{MnSO}_4$  при добавлении щелочей будет образовываться бурый осадок  $\text{MnO}(\text{OH})$ ;

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  $\text{NH}_4\text{Cl}$  газ будет выделяться только при добавлении растворов щелочей, а в случае  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  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!