

## Критерии оценивания заданий Теоретического тура

### Задания 7-8 класса

#### Задача №8-1

1. Кислота **К**, содержащая 31.6327% по массе фосфор – ортофосфорная. Количество кислоты:  $(160 \cdot 0.06125) / 98 = 0.1$  моль. Итак, **К** –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

2. Поскольку после смешения растворов ортофосфорной кислоты и соли **С** образуется раствор соли **Д**, то логично предположить, что соль **С** – одна из солей ортофосфорной кислоты. Из возможных вариантов ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) подходит гидрофосфат натрия –  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ( $\omega_{\text{Na}}=32.3944\%$ ). Количество соли:  $(125 \cdot 0.1136) / 141 = 0.1$  моль. Итак, **С** –  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

3. Между кислотой и солью в растворе протекает реакция:



Поскольку вещества взяты в эквимольных количествах, то количество образовавшегося дигидрофосфата натрия ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) (вещество **Д**) равно 0.2 моль. Массовая доля полученной соли в растворе:  $120 \cdot 0.2 \cdot 100\% / (160 + 125) = 8.421\%$ .

**Ответ:** **К** –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; **С** –  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ; **Д** –  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 8.421\%$ .

#### Разбалловка

| №  | Элемент ответа                                | Баллы               |
|----|-----------------------------------------------|---------------------|
| 1. | Соединения <b>К</b> , <b>С</b> и <b>Д</b>     | $2 \times 3 = 6$ б. |
| 2  | Уравнение реакции                             | 2 б.                |
| 3. | Расчёт массовой доли соли в конечном растворе | 2 б.                |
|    | <b>Итого</b>                                  | <b>10 баллов</b>    |

#### Задача №8-2

1. Определим фторид **В2**, имеющего состав  $\text{ЭF}_n$ . Молекулярная масса  $\text{ЭF}_n$  равна:

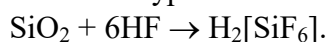
$$M(\text{ЭF}_n) = A(\text{F}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{F}) = 19 \cdot n \cdot 100\% / 48.718 = 39 \cdot n$$

при  $n=1$  получаем  $M(\text{ЭF}_n)=39$  г/моль,  $A(\text{Э})=20$  г/моль – не подходит;

при  $n=2$  получаем  $M(\text{ЭF}_n)=78$  г/моль,  $A(\text{Э})=40$  г/моль – соответствует Са.

Итак, **В2** – фторид кальция ( $\text{CaF}_2$ ); следовательно, **В1** – оксид кальция ( $\text{CaO}$ ). Числа молей  $\text{CaO}$  и  $\text{CaF}_2$  равны и составляют  $28.792/78=0.369$  моль.

2. Судя по описанию (растворяется в плавиковой кислоте и является одним из самых распространённых соединений в земной коре), оксидом **С1** скорее всего является оксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ). Реакция  $\text{SiO}_2$  с избытком плавиковой кислоты протекает по уравнению:



В  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$  массовая доля водорода равна 1.3889%. Таким образом, подтверждается вывод о том, что **С1** это  $\text{SiO}_2$ , а соединение **С2** –  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ . Число молей  $\text{SiO}_2$  равно  $66.6/60=1.11$  моль.

3. *Аптекарская бура* – одно из самых распространённых соединений бора  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ( $\omega_{\text{O}}=71.2\%$ ). Следовательно, третьим оксидом (**А1**) в составе "... стекла" является оксид бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Определим соединение **А2**, имеющего в своём составе  $m$  атомов Н. Молекулярная масса **А2** равна:

$$M(\text{А2}) = A(\text{H}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{H}) = 1 \cdot m \cdot 100\% / 1.1364 = 88 \cdot m.$$

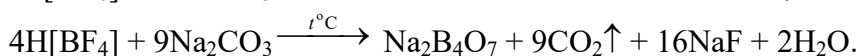
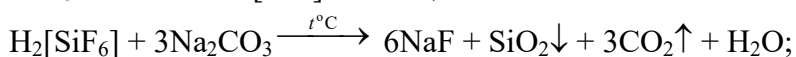
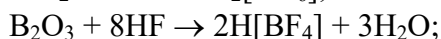
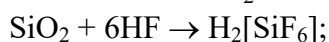
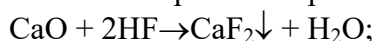
при  $m=1$  получаем  $M(\text{А2})=88$  г/моль,  $M(\text{А2}) - A(\text{H}) - A(\text{B}) = 76$  г/моль, что соответствует массе четырёх атомов F; следовательно **А2** –  $\text{H}[\text{BF}_4]$ .

Число молей  $\text{B}_2\text{O}_3$  в 100 г "... стекла" равно  $(100 - 66.6 - 0.369 \cdot 56) / 70 = 0.182$  моль.

"... стекло" называется боросиликатное; его состав:

$$\nu(\text{B}_2\text{O}_3) : \nu(\text{CaO}) : \nu(\text{SiO}_2) = 0.182 : 0.369 : 1.11 = 1 : 2 : 6$$

4. Уравнения реакций:



**Ответ:** боросиликатное стекло –  $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ; **A1** –  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; **B1** –  $\text{CaO}$ ; **C1** –  $\text{SiO}_2$ ; **A2** –  $\text{H}[\text{BF}_4]$ ; **B2** –  $\text{CaF}_2$ ; **C2** –  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ; **A3** –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**Разбалловка**

| №  | Элемент ответа                                       | Баллы                         |
|----|------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. | Соединения <b>A1, B1, C1, A2, A3, B2</b> и <b>C2</b> | $1 \times 7 = 7\text{б.}$     |
| 2  | Уравнения реакций                                    | $0.5 \times 5 = 2.5\text{б.}$ |
| 3. | Состав и название боросиликатного стекла             | <b>0.5 б.</b>                 |
|    | <b>Итого</b>                                         | <b>10 баллов</b>              |

**Задача №8-3**

1. Определить элемент **X** можно разными способами. Один из них – с помощью вещества **З**. Соединение **З** – бинарное. Из уравнения реакции следует, что это хлорид ( $\omega_{\text{Cl}} = 83.53\%$ ). Представим **З** как  $\text{XCl}_n$ , тогда молекулярная масса **З** равна:

$$M(\text{З}) = A(\text{Cl}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{Cl}) = 35.5 \cdot n \cdot 100\% / 83.53 = 42.5 \cdot n.$$

при  $n=1$  получаем  $M(\text{З})=42.5$  г/моль,  $A(\text{X})=7$  г/моль – соответствует литию (Li);

при  $n=2$  получаем  $M(\text{З})=78$  г/моль,  $A(\text{X})=14$  г/моль – соответствует азоту (N);

при  $n=3$  получаем  $M(\text{З})=127.5$  г/моль,  $A(\text{X})=21$  г/моль – не подходит;

при  $n=4$  получаем  $M(\text{З})=170$  г/моль,  $A(\text{X})=28$  г/моль – соответствует кремнию (Si).

Из трёх элементов (Li, N и Si) условию задачи удовлетворяет Si, т.к. хлорид азота (II) не известен, а Li не вступает в реакцию с Na (см. реакцию 14). Итак, **X** – кремний (Si), а **З** – хлорид кремния (IV) ( $\text{SiCl}_4$ ).

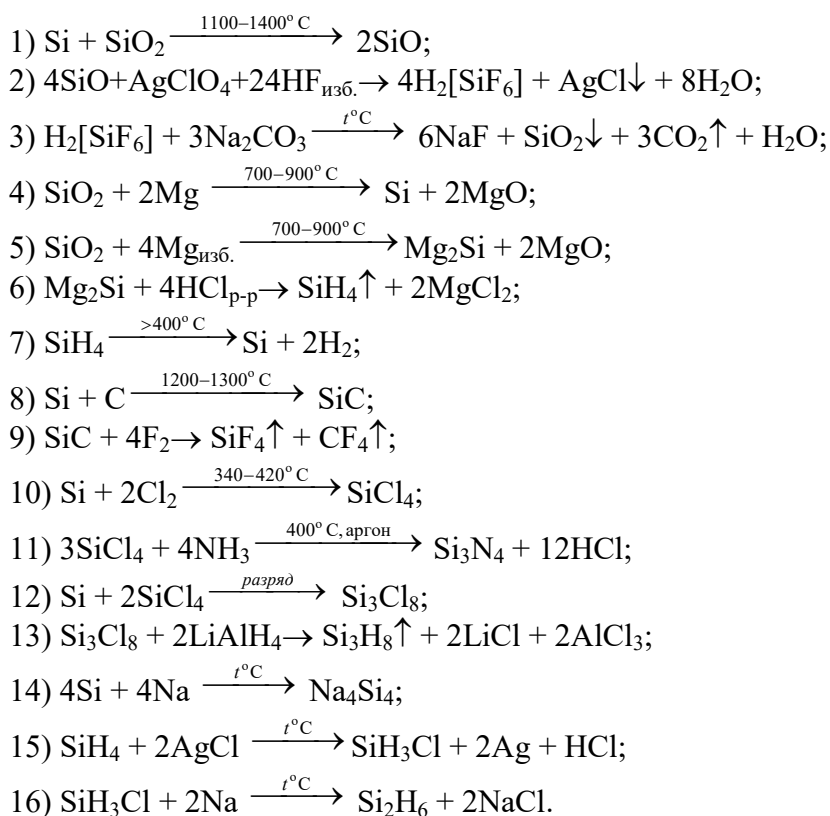
2. По массовой доле кремния в бинарных соединениях **A, B, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, О** и участникам соответствующих реакций найдём состав перечисленных соединений. Результаты приведены в таблице (заметим, что при определении соединений **Л** и **О** учтено, что их молекулярные массы отличаются от массы соединения **Д** на величину, кратную 30 г/моль):

| вещество | $\omega_{\text{Si}}, \%$ | вещество | $\omega_{\text{Si}}, \%$        |
|----------|--------------------------|----------|---------------------------------|
| <b>A</b> | SiO                      | <b>З</b> | SiCl <sub>4</sub>               |
| <b>B</b> | SiO <sub>2</sub>         | <b>И</b> | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>  |
| <b>Г</b> | Mg <sub>2</sub> Si       | <b>К</b> | Si <sub>3</sub> Cl <sub>8</sub> |
| <b>Д</b> | SiH <sub>4</sub>         | <b>Л</b> | Si <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  |
| <b>Е</b> | SiC                      | <b>М</b> | Na <sub>4</sub> Si <sub>4</sub> |
| <b>Ж</b> | SiF <sub>4</sub>         | <b>О</b> | Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  |

3. Вещество **Б** –  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ , что следует из описания этого соединения и условий реакции 2.

4. По молекулярной массе **Н** (66.5 г/моль) и условий реакции 15 следует, что **Н** –  $\text{SiH}_3\text{Cl}$ .

5. Уравнения реакций:



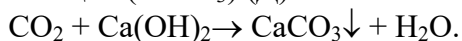
**Ответ:** А – SiO; Б - H<sub>2</sub>[SiF<sub>6</sub>]; В - SiO<sub>2</sub>; Г – Mg<sub>2</sub>Si; Д – SiH<sub>4</sub>; Е – SiC; Ж – SiF<sub>4</sub>; З - SiCl<sub>4</sub>; И - Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>; К - Si<sub>3</sub>Cl<sub>8</sub>; Л - Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>; М - Na<sub>4</sub>Si<sub>4</sub>; Н - SiH<sub>3</sub>Cl; О - Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

#### *Разбалловка*

| №  | Элемент ответа               | Баллы            |
|----|------------------------------|------------------|
| 1. | Определение элемента X       | 1 б.             |
| 2. | Соединения А-О (кроме Б и Н) | 0.25×12 = 3 б.   |
| 3. | Соединения Б и Н             | 1×2 = 2 б.       |
| 4. | Уравнения реакций 1-16       | 0.25×16 = 4 б.   |
|    | <b>Итого</b>                 | <b>10 баллов</b> |

#### **Задача № 8-4**

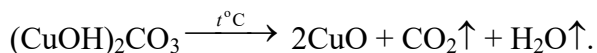
1. При термическом разложении карбонатов всегда выделяется углекислый газ (CO<sub>2</sub>), который при взаимодействии с известковой водой (Ca(OH)<sub>2</sub>) (Г) образует осадок карбоната кальция (CaCO<sub>3</sub>) (Д):



По массе образовавшегося CaCO<sub>3</sub> определим число молей и массу CO<sub>2</sub>:

$$\nu(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CO}_2) = 20/100 = 0.2 \text{ моль}; m(\text{CO}_2) = 0.2 \cdot 44 = 8.8 \text{ г}.$$

Потеря массы при прокаливании смеси карбонатных минералов составила  $50.5 - 0.2099 = 10.6$  г, что, очевидно, больше массы выделившегося CO<sub>2</sub>. Логично предположить, что разница масс  $10.6 - 8.8 = 1.8$  г соответствует массе воды, которая также выделяется при термическом разложении малахита (А) по уравнению:



По уравнению реакции видно, что  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 1.8/18 = 0.1$  моль;  
 $m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0.1 \cdot 222 = 22.2$  г.

2. Белый осадок вещества **Е** вероятно труднорастворимый сульфит неизвестного металла. Определим молекулярную массу **Е**:

$$M(\text{Е}) = A(\text{S}) \cdot n \cdot 100\% / \omega(\text{S}) = 32 \cdot n \cdot 100\% / 14.7465 = 217 \cdot n,$$

(где  $n$  – число атомов серы ( $\text{SO}_3^{2-}$ -остатков) в сульфите **Е** ( $\text{Me}_m(\text{SO}_3)_n$ );

при  $n=1$  получаем  $M(\text{Е})=217$  г/моль,  $m \cdot A(\text{Me})=M(\text{Е}) - M(\text{SO}_3^{2-}) = 217 - 80 = 137$  г/моль – соответствует барии (Ba). Таким образом, одним из минералов может быть  $\text{BaCO}_3$  (отавит (**Б**) или витерит (**В**)). Число молей и масса  $\text{BaCO}_3$ :

$$\nu(\text{BaCO}_3) = \nu(\text{BaSO}_3) = 21.7/217 = 0.1 \text{ моль}; m(\text{BaCO}_3) = 0.1 \cdot 197 = 19.7 \text{ г}.$$

3. Определим молекулярную массу оксида **И** ( $\text{Me}'_n\text{O}_m$ ):

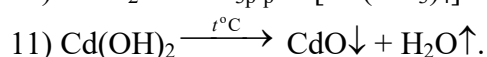
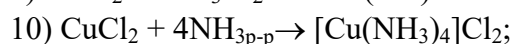
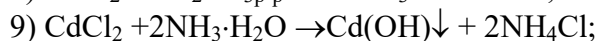
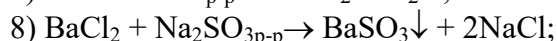
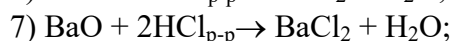
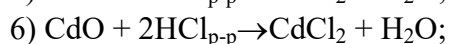
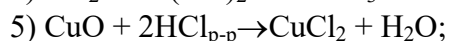
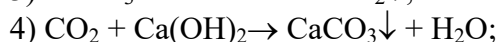
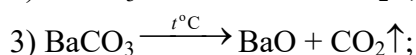
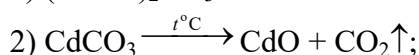
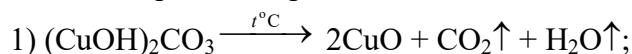
$$M(\text{И}) = A(\text{O}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{O}) = 16 \cdot m \cdot 100\% / 12.5 = 128 \cdot m;$$

при  $m=1$  получаем  $M(\text{И})=128$  г/моль,  $n \cdot A(\text{Me}')=M(\text{И}) - A(\text{O}) = 128 - 16 = 112$  г/моль – соответствует кадмию (Cd). Таким образом, третьим из возможных минералов (отавит (**Б**) или витерит (**В**)) может быть  $\text{CdCO}_3$ . Число молей и масса  $\text{CdCO}_3$ :

$$\nu(\text{CdCO}_3) = \nu(\text{CdO}) = 6.4/100 = 0.05 \text{ моль}; m(\text{CdCO}_3) = 0.05 \cdot 172 = 8.6 \text{ г}.$$

4. Сложив массу найденных карбонатов ( $22.2 + 8.6 + 19.7 = 50.5$  г) убеждаемся, что никаких других компонентов в исходной смеси карбонатных минералов нет. Кроме того, по отношению масс витерита и отавита устанавливаем, что  $\text{BaCO}_3$  – витерит, а  $\text{CdCO}_3$  – отавит. Кроме того, яркую синюю окраску раствору придает соединение **З** -  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ .

5 Уравнения реакций:



**Ответ:** Малахит (**А**) –  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ; отавит (**Б**) –  $\text{CdCO}_3$ ; витерит (**В**) –  $\text{BaCO}_3$ ; **Г** –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; **Д** –  $\text{CaCO}_3$ ; **Е** –  $\text{BaSO}_3$ ; **Ж** –  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ; **И** –  $\text{CdO}$ ; **З** -  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ .

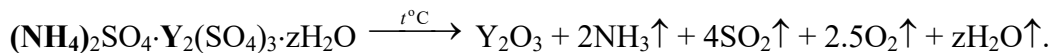
#### Разбалловка

| №  | Элемент ответа         | Баллы                    |
|----|------------------------|--------------------------|
| 1. | Соединения <b>А-И</b>  | $0.5 \times 9 = 4.5$ б.  |
| 2  | Уравнения реакций 1-11 | $0.5 \times 11 = 5.5$ б. |
|    | <b>Итого</b>           | <b>10 баллов</b>         |

### Задача №8-5

1. Выделившийся газ **Б** – аммиак, что подтверждается расчётом:  $M(\text{Б}) = 0.759 \cdot 22.4 = 17$  г/моль. Следовательно, фрагмент **Х** – катион аммония ( $\text{NH}_4^+$ ).

2. Из условия следует, что при прокаливании остаётся только оксид **А**, возможный состав которого  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Исходя из этого запишем схему реакции разложения (все газообразные продукты можно просто обозначить как "газы"):



Очевидно, что массовая доля  $\text{Y}_2\text{O}_3$  в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Y}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$  равна  $100 - 60.5114 = 39.4886\%$ . Отсюда,

$$39.4886 = (2 \cdot A(\text{Y}) + 3 \cdot 16) \cdot 100\% / (2 \cdot 18 + 4 \cdot 96 + 2 \cdot A(\text{Y}) + z \cdot 18),$$

$$39.4886 = (2 \cdot A(\text{Y}) + 3 \cdot 16) \cdot 100\% / (2 \cdot 18 + 4 \cdot 96 + 2 \cdot A(\text{Y}) + z \cdot 18),$$

$$16585.212 + 78.9772 \cdot A(\text{Y}) + 710.7948 \cdot z = 200 \cdot A(\text{Y}) + 4800,$$

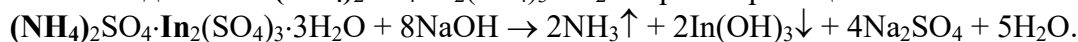
$$11785.212 = 121.0228 \cdot A(\text{Y}) - 710.7948 \cdot z;$$

при  $z=1$  получаем  $A(\text{Y}) = 103.3$  г/моль – не подходит;

при  $z=2$  получаем  $A(\text{Y}) = 109.1$  г/моль – не подходит;

при  $z=3$  получаем  $A(\text{Y}) = 114.9$  г/моль – подходит  $\text{In}(\text{Y})$ , следовательно **А** –  $\text{In}_2\text{O}_3$ ; искомое соединение –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

3. Взаимодействие  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  с раствором щелочи описывается уравнением:



Вещество **В** –  $\text{In}(\text{OH})_3$ .

**Ответ:**  $(\text{NH}_4)_2\text{In}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , **Х** –  $\text{NH}_4^+$ ; **Y** –  $\text{In}$ ; **А** –  $\text{In}_2\text{O}_3$ ; **Б** –  $\text{NH}_3$ ; **В** –  $\text{In}(\text{OH})_3$ .

#### Разбалловка

|   |                                 |                       |
|---|---------------------------------|-----------------------|
| 1 | Определение <b>Б</b> и <b>Х</b> | $1.5 \times 2 = 3$ б. |
| 2 | Определение <b>Y</b>            | <b>4б.</b>            |
| 3 | Определение <b>А</b> и <b>В</b> | $1.5 \times 2 = 3$ б. |
|   | Итого:                          | <b>10 б</b>           |