

## Критерии оценивания заданий Теоретического тура

### Задания 9 класса

#### Задача №9-1

1. Так как вещество **A** окрашивает пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет, то речь идет о соли натрия. Изменение окраски с желтой на оранжевую свидетельствует о том, что мы имеем дело с хроматом натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , который хорошо растворим в воде и при подкислении превращается в оранжевый дихромат.

Газом **X** с резким запахом может быть сернистый газ  $\text{SO}_2$  – он обладает выраженными восстановительными свойствами, поэтому восстанавливает оранжевый дихромат до соли хрома (III) зеленого цвета. Тогда желтый порошок **B**, нерастворимый в воде – это сера **S**, при сжигании которой и образуется сернистый газ.

Желтый осадок **Г** – это какой-то хромат; из таблицы растворимости можно заметить, что нерастворимые хроматы образуют, как правило, металлы в степени окисления +2, тогда формула искомого хромата  $\text{MCrO}_4$ . Составим уравнение:

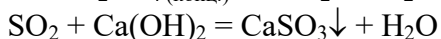
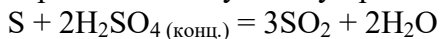
$\omega(\text{M}) = x / (x + 116) = 0.6409$ , откуда  $x = 207$ , что соответствует свинцу.

Следовательно, **Г** – хромат свинца, а **В** – вероятнее всего, галогенид свинца, так как именно галогениды свинца плохо растворимы в холодной воде, но растворяются при нагревании. Из них только иодид свинца имеет желтую окраску и используется для демонстрации «золотого дождя», значит, **В** – иодид свинца  $\text{PbI}_2$ .

Таким образом,

**A** –  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$     **B** – **S**    **В** –  $\text{PbI}_2$     **Г** –  $\text{PbCrO}_4$

2. Ранее мы предположили, что газ **X** – это сернистый газ  $\text{SO}_2$ . Подтвердим это расчетом. При окислении серы концентрированной серной кислотой и пропускании выделяющегося газа через известковую воду протекают реакции:



Из уравнений следует, что

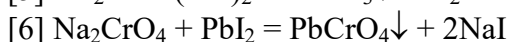
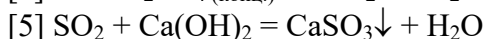
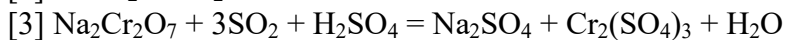
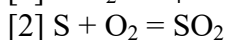
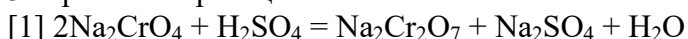
$$n(\text{SO}_2) = 3n(\text{S}) = 3 \cdot 1.6 / 32 = 0.15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0.15 \text{ моль}$$

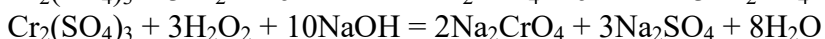
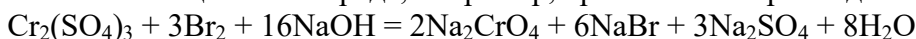
$$m(\text{CaSO}_3) = 0.15 \cdot 120 = 18 \text{ г} - \text{согласуется с условием}$$

Таким образом, **X** –  $\text{SO}_2$

3. Уравнения реакций:



4. Чтобы превратить зеленую соль хрома (III) в желтый хромат, следует провести ее окисление в щелочной среде, например, бромом или пероксидом водорода:



*Примечание:* в качестве верной реакции следует засчитывать реакцию с любым подходящим окислителем в щелочной среде

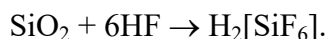
### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ	4×1 = <b>4 б</b>
2	Газ <b>X</b>	<b>1 б</b>
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = <b>3 б</b>
4	Способ превращения раствора <b>3</b> в раствор <b>1</b>	<b>2 б</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

#### Задача №9-2

1. Определим фторид **B2**, 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 Ca.  
 Итак, **B2** – фторид кальция ( $\text{CaF}_2$ ); следовательно, **B1** – оксид кальция ( $\text{CaO}$ ). Числа молей  $\text{CaO}$  и  $\text{CaF}_2$  равны 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 **C1** 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 **C1** это  $\text{SiO}_2$ , а соединение **C2** -  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ . 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 (**A1**) в составе "... стекла" является оксид бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Определим соединение **A2**, имеющего в своём составе  $m$  атомов H. Молекулярная масса **A2** равна:

$$M(\text{A2}) = A(\text{H}) \cdot m \cdot 100\% / \omega(\text{H}) = 1 \cdot m \cdot 100\% / 1.1364 = 88 \cdot m.$$

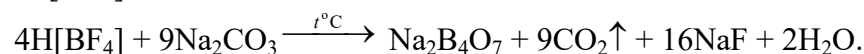
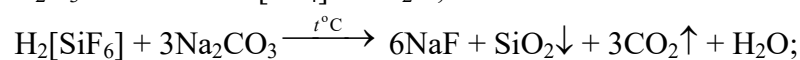
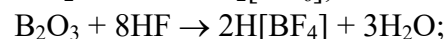
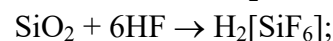
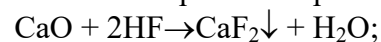
при  $m=1$  получаем  $M(\text{A2})=88$  г/моль,  $M(\text{A2}) - A(\text{H}) - A(\text{B}) = 76$  г/моль, что соответствует массе четырёх атомов F; следовательно **A2** -  $\text{H}[\text{BF}_4]$ .

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 и C2</b>	1×7 = <b>76.</b>
2	Уравнения реакций	0.5×5 = <b>2.56..</b>
3.	Состав и название боросиликатного стекла	<b>0.5 б.</b>
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №9-3

1. Расчет молярной массы газов Д и Е:

$$M = \rho \times V_M = 1.518 \times 22.4 = 34 \text{ г/моль}$$

Такую молярную массу имеют сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и фосфин ( $\text{PH}_3$ ), следовательно, исходные простые вещества – сера и фосфор. Поскольку эти элементы образуют несколько аллотропных модификаций, в данном случае необходимо определить, какие из них были взяты. Приведенному описанию соответствуют ромбическая (или моноклинная) сера  $\text{S}_8$  и белый фосфор  $\text{P}_4$ , что подтверждается расчетом соотношения молярных масс:

$$M(\text{S}_8) : M(\text{P}_4) = 256 : 124 = 2.0645 : 1$$

Итак, **A– $\text{S}_8$**

Модификация - **ромбическая (или моноклинная) сера**

**Б –  $\text{P}_4$**

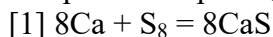
Модификация – **белый фосфор**

2. При сплавлении кальция с серой образуется сульфид кальция  $\text{CaS}$ , а при сплавлении с фосфором – фосфид кальция  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ , образующие при кислотном гидролизе сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и фосфин ( $\text{PH}_3$ ) соответственно. При сплавлении серы с фосфором могут образоваться различные соединения общей формулой  $\text{P}_4\text{S}_x$ . По условию задачи, соединение Ж содержит 72.07% серы по массе, то  $\omega(\text{P}) = 100 - 72.07 = 27.93\%$ .  $M(\text{P}_4\text{S}_x) = 31 \times 4 / 0.2793 = 444 \text{ г/моль}$ , откуда  $x = (444 - 31 \times 4) / 32 = 10$ , т.е. формула Ж -  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  (засчитывается также формула  $\text{P}_2\text{S}_5$ ). Гидролиз  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  идет без изменения степени окисления фосфора (+5), поэтому кислота 3 - ортофосфорная.

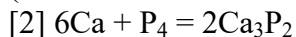
Таким образом,

**В – $\text{CaS}$ , Г– $\text{Ca}_3\text{P}_2$ , Д– $\text{H}_2\text{S}$**   
**Е– $\text{PH}_3$ , Ж– $\text{P}_4\text{S}_{10}$  ( $\text{P}_2\text{S}_5$ ), З– $\text{H}_3\text{PO}_4$**

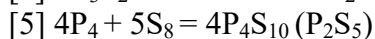
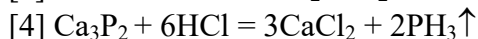
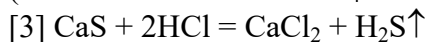
3. Уравнения реакций:



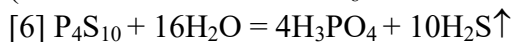
(за написание S вместо  $\text{S}_8$  балл не снижается)



(за написание P вместо  $\text{P}_4$  балл не снижается)



(за написание S вместо  $\text{S}_8$  и P вместо  $\text{P}_4$  балл не снижается)



$$4. n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{PH}_3) = V / V_M = 56 / 22.4 = 2.5 \text{ моль}$$

Согласно схеме  $\text{S}_8 \rightarrow 8\text{H}_2\text{S}$

$$n(\text{S}_8) = 1/8 n(\text{H}_2\text{S}) = 0.3125 \text{ моль}$$

$$N(\text{S}_8) = n \times N_A = 0.3125 \times 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{1.88 \cdot 10^{23}} \text{ молекул}$$

Согласно схеме  $\text{P}_4 \rightarrow 4\text{PH}_3$

$$n(\text{P}_4) = 1/4 n(\text{PH}_3) = 0.625 \text{ моль}$$

$$N(\text{P}_4) = n \times N_A = 0.625 \times 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{3.76 \cdot 10^{23}} \text{ молекул}$$

*Разбалловка*

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А и Б	2×1 = 2 б
	Названия аллотропных модификаций	2×0,5 = 1 б
2	Формулы веществ В–З	6×0,5 = 3 б
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б
4.	Количества молекул А и Б	2×0,5 = 1 б
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача № 9-4

1. Установим формулу оксида Е:

Если обозначить формулу как  $MO_x$ , то

$$M(MO_x) = 16x / 0.2 = 80x \text{ (г/моль)}$$

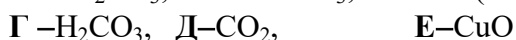
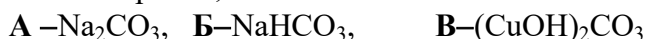
При  $x = 1$ ,  $M(MO_x) = 80$  г/моль,  $M(M) = 80 - 16 = 64$  г/моль, что соответствует меди, то есть оксид Е –  $CuO$  (других вариантов нет).

По условию, газ Д вызывает помутнение известковой воды, что характерно для углекислого и сернистого газов. Предположим, что Д – углекислый газ, значит, соль В содержит медь, углерод, водород и, возможно кислород. Такой солью может быть малахит  $(CuOH)_2CO_3$ , проверим это расчетом массовой доли кислорода:

$$\omega(O) = 16 \times 5 / 222 = 0.36036 \text{ (36.036\%)}, \text{ что соответствует условию.}$$

Следовательно, соли А и Б тоже являются карбонатами (соли неустойчивой угольной кислоты Г), причем в их состав входит натрий, так как именно соли натрия окрашивают пламя спиртовки в желто-оранжевый цвет. Средний карбонат натрия термически устойчив, а гидрокарбонат разлагается при нагревании, то есть А –  $Na_2CO_3$ , Б –  $NaHCO_3$ .

Таким образом,

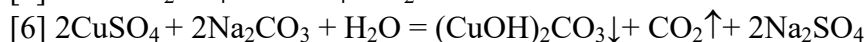
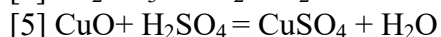
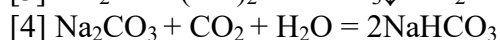
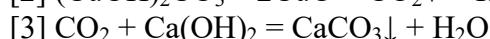


2. А –  $Na_2CO_3$  – карбонат натрия – кальцинированная (стиральная) сода

Б –  $NaHCO_3$  – гидрокарбонат натрия – питьевая (пищевая) сода

В –  $(CuOH)_2CO_3$  – гидроксокарбонат меди – малахит

3. Уравнения реакций:



4. В 50 г раствора с массовой долей карбоната натрия 10.6%:

$$m(Na_2CO_3) = 50 \times 0.106 = 5.3 \text{ г}$$

$$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = m(Na_2CO_3) \times M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) / M(Na_2CO_3) =$$

$$5.3 \times 286 / 106 = 14.3 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 50 - 14.3 = 35.7 \text{ г}$$

$$V(H_2O) = m/\rho = 35.7 / 1 = 35.7 \text{ мл}$$

### Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ	6×0,5 = 3 б
2	Названия	6×0,5 = 3 б
3.	Уравнения реакций	6×0,5 = 3 б
4.	Масса кристаллогидрата	0,5 б
	Объем воды	0,5 б
	<b>Итого</b>	<b>10 баллов</b>

### Задача №9-5

1. Запишем схемы реакций четырех различных металлов (А, Б, В и Г) с кислородом (стехиометрия соединений определяется указанными в условии задачи валентностями элементов). Очевидно, что белый порошок это смесь четырёх оксидов:



2. Пусть в смеси было  $x$  моль металла Г, тогда число молей В, Б и А равно  $7x$ ,  $14x$  и  $56x$  молей соответственно. Обозначим атомные массы металлов как  $A(\mathbf{A})$ ,  $A(\mathbf{Б})$ ,  $A(\mathbf{В})$  и  $A(\mathbf{Г})$ . Тогда масса исходного "жидкого металла" может быть рассчитана следующим образом:

$$m(\mathbf{A} + \mathbf{Б} + \mathbf{В} + \mathbf{Г}) = 56x \cdot A(\mathbf{A}) + 14x \cdot A(\mathbf{Б}) + 7x \cdot A(\mathbf{В}) + x \cdot A(\mathbf{Г}) = 64.28 \text{ г.}$$

3. Рассуждая аналогичным образом, можем составить аналогичное выражение для массы полученных оксидов:

$$m(\mathbf{A}_2\mathbf{O}_3 + \mathbf{B}_2\mathbf{O}_3 + \mathbf{BO}_2 + \mathbf{ГО}) = 28x \cdot (2 \cdot A(\mathbf{A}) + 48) + 7x \cdot (2 \cdot A(\mathbf{Б}) + 48) + 7x \cdot (A(\mathbf{В}) + 32) + x \cdot (A(\mathbf{Г}) + 16) = 83.48 \text{ г}$$

$$\text{или}$$
$$m(\mathbf{O}) = 28x \cdot 48 + 7x \cdot 48 + 7x \cdot 32 + x \cdot 16 = 83.48 - 64.28 = 19.2 \text{ г.}$$

Откуда,  $x = 0.01$  моль.

4. Выразим атомные массы металлов Б и В через атомную массу металла А:

$$A(\mathbf{A}) = 1.077 \cdot A(\mathbf{Г}), \quad A(\mathbf{Б}) = 1.7692 \cdot A(\mathbf{Г}), \quad A(\mathbf{В}) = 1.8308 \cdot A(\mathbf{Г}).$$

5. Решая совместно уравнения пп. 2 и 4, находим, что  $A(\mathbf{Г}) = 65$  г/моль,  $A(\mathbf{A}) = 70$  г/моль,  $A(\mathbf{Б}) = 115$  г/моль и  $A(\mathbf{В}) = 119$  г/моль. Отсюда можно сделать вывод о том, что А – Ga (галлий), Б – In (индий), В – Sn (олово), Г – Zn (цинк). Итак:  $n(\text{Ga}) = 0.56$  моль,  $n(\text{In}) = 0.14$  моль,  $n(\text{Sn}) = 0.07$  моль,  $n(\text{Zn}) = 0.01$  моль.

6. Массовые доли металлов в сплаве равны:

$$\omega(\text{Ga}) = (0.56 \cdot 70) \cdot 100\% / 64.28 = 60.98 \%,$$

$$\omega(\text{In}) = (0.14 \cdot 115) \cdot 100\% / 64.28 = 25.05 \%,$$

$$\omega(\text{Sn}) = (0.07 \cdot 119) \cdot 100\% / 64.28 = 12.96 \%,$$

$$\omega(\text{Zn}) = (0.01 \cdot 65) \cdot 100\% / 64.28 = 1.011 \%.$$

7. Уравнения описанных выше химических реакций, следующие:



**Ответ:** А – Ga; Б – In; В – Sn, Г – Zn.

**Разбалловка: (10 баллов)**

За определение каждого из металлов (по 1.5 балла за металл) – 6 баллов;

За определение количества (в молях) металлов в смеси (по 0.5 балла за металл) – 2 балла;

За расчёт массовой доли металлов в смеси (за каждую массовую долю по 0.5 балла) – 2 балла.