

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 Na_2CrO_4 , который хорошо растворим в воде и при подкислении превращается в оранжевый дихромат.

Газом **X** с резким запахом может быть сернистый газ 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 MCrO_4 . Составим уравнение:

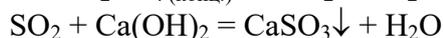
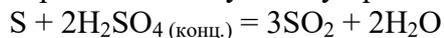
$\omega(\text{M}) = x / (x + 116) = 0.6409$, откуда $x = 207$, что соответствует свинцу.

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 PbI_2 .

Таким образом,

A – Na_2CrO_4 **B** – **S** **В** – PbI_2 **Г** – PbCrO_4

2. Ранее мы предположили, что газ **X** – это сернистый газ SO_2 . Подтвердим это расчетом. При окислении серы концентрированной серной кислотой и пропускании выделяющегося газа через известковую воду протекают реакции:



Из уравнений следует, что

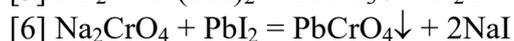
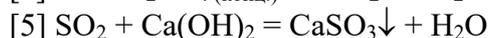
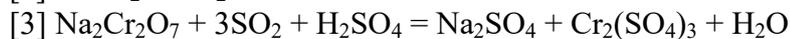
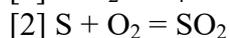
$$n(\text{SO}_2) = 3n(\text{S}) = 3 \cdot 1.6 / 32 = 0.15 \text{ моль}$$

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

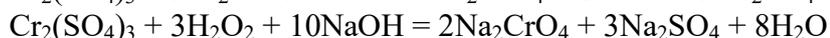
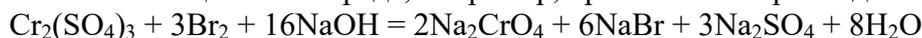
$$m(\text{CaSO}_3) = 0.15 \cdot 120 = 18 \text{ г} - \text{согласуется с условием}$$

Таким образом, **X** – 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

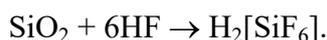
Разбалловка

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

Задача №9-2

1. Определим фторид **B2**, имеющего состав ЭF_n . Молекулярная масса 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 (CaF_2); следовательно, **B1** – оксид кальция (CaO). Числа молей CaO и 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 (SiO_2). Реакция 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 SiO_2 , а соединение **C2** - $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$. Число молей 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 (B_2O_3). Определим соединение **A2**, имеющего в своём составе m атомов H. Молекулярная масса **A2** равна:

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

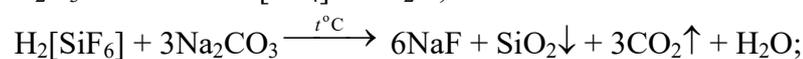
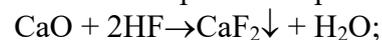
при $m=1$ получаем $M(\text{A2})=88$ г/моль, $M(\text{A2}) - A(\text{H}) - A(\text{B}) = 76$ г/моль, что соответствует массе четырёх атомов F; следовательно **A2** - $\text{H}[\text{BF}_4]$.

Число молей B_2O_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** – B_2O_3 ; **B1** - CaO; **C1** – SiO_2 ; **A2** – $\text{H}[\text{BF}_4]$; **B2** – 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 A1, B1, C1, A2, A3, B2 и C2	1×7 = 76.
2	Уравнения реакций	0.5×5 = 2.56..
3.	Состав и название боросиликатного стекла	0.5 б.
	Итого	10 баллов

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 (H₂S) и фосфин (PH₃), 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 S₈ и белый фосфор P₄, что подтверждается расчетом соотношения молярных масс:

$$M(S_8) : M(P_4) = 256 : 124 = 2.0645 : 1$$

Итак, **A–S₈**

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

Б – P₄

Модификация – **белый фосфор**

2. При сплавлении кальция с серой образуется сульфид кальция CaS, а при сплавлении с фосфором – фосфид кальция Ca₃P₂, образующие при кислотном гидролизе сероводород (H₂S) и фосфин (PH₃) соответственно. При сплавлении серы с фосфором могут образоваться различные соединения общей формулой P₄S_x. По условию задачи, соединение Ж содержит 72.07% серы по массе, то ω(P) = 100 – 72.07 = 27.93%. M(P₄S_x) = 31×4/0.2793 = 444 г/моль, откуда x = (444 – 31×4) / 32 = 10, т.е. формула Ж - P₄S₁₀ (засчитывается также формула P₂S₅). Гидролиз P₄S₁₀ идет без изменения степени окисления фосфора (+5), поэтому кислота 3 - ортофосфорная.

Таким образом,

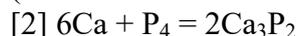
В –CaS, Г–Ca₃P₂, Д–H₂S

Е–PH₃, Ж–P₄S₁₀ (P₂S₅), З–H₃PO₄

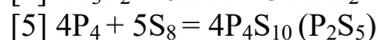
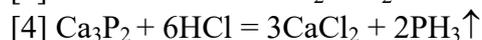
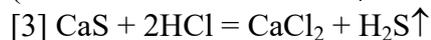
3. Уравнения реакций:



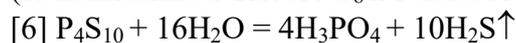
(за написание S вместо S₈ балл не снижается)



(за написание P вместо P₄ балл не снижается)



(за написание S вместо S₈ и P вместо P₄ балл не снижается)



4. $n(H_2S) = n(PH_3) = V / V_M = 56 / 22.4 = 2.5 \text{ моль}$

Согласно схеме S₈ → 8H₂S

$$n(S_8) = 1/8 n(H_2S) = 0.3125 \text{ моль}$$

$$N(S_8) = n \times N_A = 0.3125 \times 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{1.88 \cdot 10^{23} \text{ молекул}}$$

Согласно схеме P₄ → 4PH₃

$$n(P_4) = 1/4 n(PH_3) = 0.625 \text{ моль}$$

$$N(P_4) = n \times N_A = 0.625 \times 6.02 \cdot 10^{23} = \mathbf{3.76 \cdot 10^{23} \text{ молекул}}$$

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
	Итого	10 баллов

Задача № 9-4

1. Установим формулу оксида Е:

Если обозначить формулу как MO_x , то

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

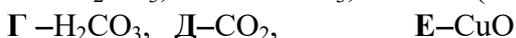
При $x = 1$, $M(MO_x) = 80$ г/моль, $M(M) = 80 - 16 = 64$ г/моль, что соответствует меди, то есть оксид Е – CuO (других вариантов нет).

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,

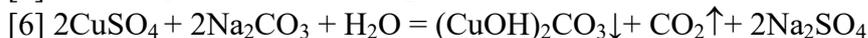
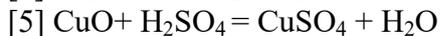
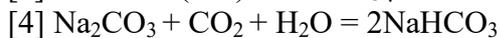
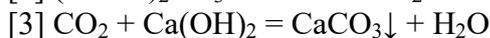


2. А – Na_2CO_3 – карбонат натрия – кальцинированная (стиральная) сода

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
	Итого	10 баллов

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:

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

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

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.