

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. Определим формулу оксида **Д**. Пусть формула оксида $\text{Э}_x\text{О}_y$. Массовая доля элемента **Э** равна $100-24.24=75.76\%$. Составим выражение для атомного фактора:

$$x : y = \frac{\omega(\text{Э})}{A(\text{Э})} : \frac{\omega(\text{О})}{A(\text{О})} = \frac{75.76}{A(\text{Э})} : \frac{24.24}{16}.$$

Отсюда имеем: $A(\text{Э}) = (75.76 \cdot y \cdot 16) / (24.24 \cdot x) = 50 \cdot y / x$. Результаты расчётов при различных x и y приведены в таблице:

Оксид $\text{М}_x\text{О}_y$	x	y	$A(\text{Э})$	Э
$\text{М}_2\text{О}$	2	1	25.0	нет
МО	1	1	50.0	нет
$\text{М}_2\text{О}_3$	2	3	75.0	As
МО_2	1	2	100.0	нет
$\text{М}_2\text{О}_5$	2	5	125.0	нет
МО_3	1	3	150.0	Sm
$\text{М}_2\text{О}_7$	2	7	175	Lu
МО_4	1	4	200	нет

Таким образом, оксид **Д** – As_2O_3 , а элемент **Э** – мышьяк (As).

2. Очевидно, что в состав минерала входит элемент As, значит другим элементом является сера ($A(\text{S}) = A(\text{As}) - 43$ г/моль = $75-43=32$ г/моль). Таким образом, минерал **А** – сульфид мышьяка As_xS_y .

3. Определим молекулярную массу солей **В** и **Г**. Количество выделившегося CO_2 в реакции 1 равно 0.3. Отсюда масса вступившего в реакцию Na_2CO_3 составляет $0.3 \cdot 106 = 31.8$. Таким образом, общая масса образовавшихся **В** и **Г** равна

$$m(\text{В и Г}) = m(\text{As}_x\text{S}_y) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{CO}_2) = 24.6 + 31.8 - 13.2 = 43.2 \text{ г.}$$

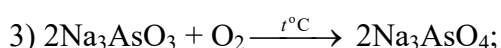
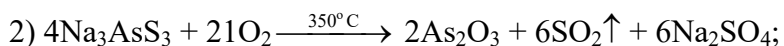
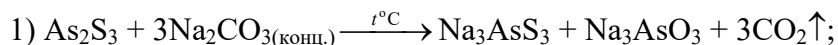
С другой стороны $m(\text{В и Г}) = \nu \cdot A(\text{В}) + \nu \cdot A(\text{Г}) = \nu \cdot A(\text{В}) + \nu \cdot (A(\text{В}) - 48) = 2\nu \cdot A(\text{В}) - 48\nu$.

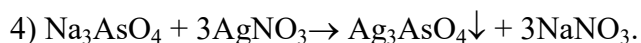
Так как $\nu=0.1$, находим из $2\nu \cdot A(\text{В}) - 48\nu=43.2$ г, что $A(\text{В}) = 240$ г/моль, а $A(\text{Г}) = 192$ г/моль. Нетрудно догадаться, что речь идёт о Na_3AsS_3 (**В**) и Na_3AsO_3 (**Г**).

4. Определив общее число молей мышьяка и серы в соединениях **В** и **Г** ($\nu(\text{As})=0.2$ моль и $\nu(\text{S})=0.3$ моль) очевидно, что исходный сульфид мышьяка As_xS_y имеет состав As_2S_3 – минерал **А**. Судя по описанию газ **Е**, имеющий запах жжёных спичек – сернистый газ SO_2 , а соль **Ж** – сульфат натрия (Na_2SO_4).

5. Веществами **З** и **И** являются Na_3AsO_4 и Ag_3AsO_4 , соответственно.

6. Уравнения реакций:





Ответ: А – As_2S_3 ; Б - CO_2 ; В - Na_3AsS_3 ; Г – Na_3AsO_3 ; Д – As_2O_3 ; Е – SO_2 ; Ж – Na_2SO_4 ; З - Na_3AsO_4 ; И - Ag_3AsO_4 .

Система оценивания

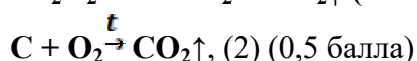
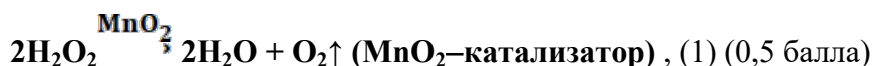
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Соединения А, В, Г, З и И	$0.9 \times 5 = 4.5$ б.
2.	Соединения Б, Д, Е и Ж	$0.5 \times 4 = 2$ б.
3.	Уравнения реакций 1-3	$1 \times 3 = 3$ б.
4.	Уравнение реакции 4	0.5 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

1. Молярная масса интересующего нас соединения, состоящего из кислорода и водорода $M(\text{H}_x\text{O}_y) = D_{\text{He}}(\text{H}_x\text{O}_y) \cdot M(\text{He}) = 8,5 \cdot 4 = 34$ г/моль (0,5 балла), а отношение чисел атомов в

молекуле – $x:y = \frac{5,882}{1} : \frac{94,118}{16} = 5,882:5,882 = 1:1$, $\Rightarrow \text{HO}$ (0,5 балла), но, молярная масса соответствует формуле H_2O_2 , то есть это вещество является **пероксидом водорода** (0,5 балла).

2. Представим уравнения реакций с учётом определённого вещества и наблюдаемых явлений:

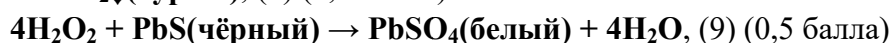
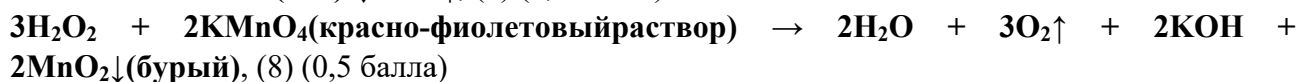
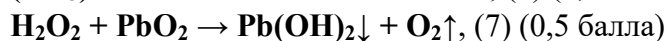
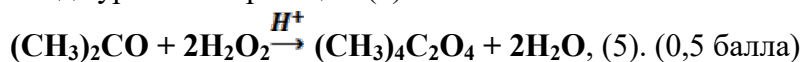


Исходя из плотности паров органического продукта реакции (5) по водороду его молярная масса: $M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot M(\text{H}_2) = 74 \cdot 2 = 148$ г/моль. (0,5 балла)

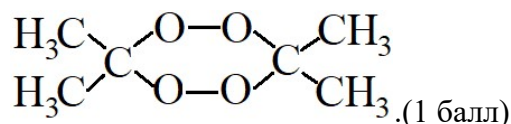
По массовым долям элементов состав молекулы органического продукта реакции (3): $x:y:z = \frac{48,65}{12} : \frac{8,11}{1} : \frac{43,24}{16} = 4,054:8,1:2,7 = 1,5:3:1 = 3:6:2$, $\Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$, (0,5 балла)

молярная масса по формуле $M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 74$ г/моль, что в два раза меньше действительной. Следовательно формула продукта реакции (5) – $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$. (0,5 балла)

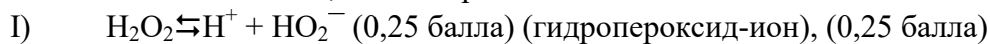
Тогда уравнение реакции (5):



3. В перексиде водорода степень окисления кислорода –1, эта степень окисления сохраняется в органическом продукте реакции (5), следовательно его молекула содержит две пероксидные группировки, которые встраиваются вместо атомов кислорода в карбонильные группировки, создавая мостики между фрагментами двух молекул ацетона, и, таким образом, формируя циклическую структуру:



4. Реакция среды указывает, что **пероксид водорода относится к классу кислот** (0,5 балла), и, учитывая его основность, можно представить две стадии диссоциации:



Итого: 10 баллов.

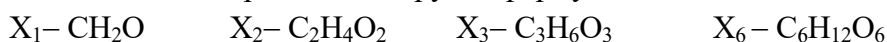
Задача № 10-3

1. Запишем простейшую формулу веществ как $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

$$x : y : z = 40/12 : 6.67/1 : 53.33/16 = 3.33 : 6.67 : 3.33 = 1 : 2 : 1$$

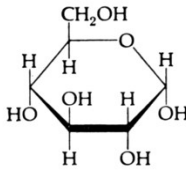
Простейшая формула – CH_2O

Тогда, с учетом отношения молярных масс, брутто-формулы веществ:



Вещество X_1 – формальдегид (метаналь), который можно получить при окислении метанола (спирта S_1). Вещество X_2 – уксусная кислота, которую можно получить при окислении этанола (спирта S_2). Продукт фотосинтеза X_6 – это глюкоза, которая при молочнокислом брожении превращается в молочную кислоту – вещество X_3 , а при спиртовом брожении – в этанол (S_2).

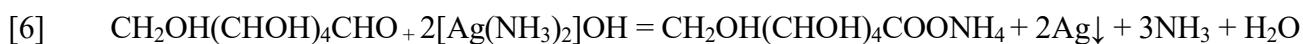
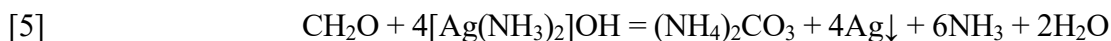
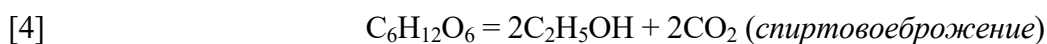
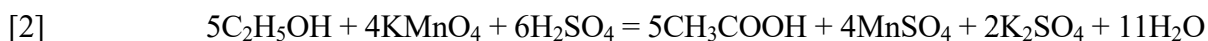
Таким образом, получим следующие структурные формулы:

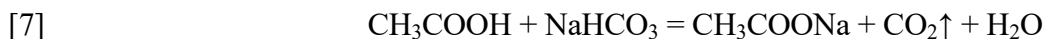
Вещество	Структурная формула	
X_1	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{O} \end{array}$	
X_2		
X_3		
X_6	Проекция Фишера $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Проекция Хеуорса 

S_1 – метанол CH_3OH

S_2 – этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

2. Уравнения реакций





3. Обозначим массу формальдегида для приготовления раствора – x г, тогда можно составить уравнение:

$$x / (x + 150) = 0.4, \text{ откуда } x = 100 \text{ г}$$

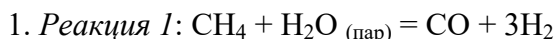
$$n(\text{CH}_2\text{O}) = 100 / 30 = 3.33 \text{ моль}$$

$$V(\text{CH}_2\text{O}) = 3.33 \times 22.4 = 74.6 \text{ л}$$

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Простейшая формула X. Структурные формулы X ₁ , X ₂ , X ₃ и X ₆ Формулы спиртов S ₁ и S ₂ .	0,5 б $5 \times 0,5 = 2,5 \text{ б}$ $2 \times 0,5 = 1 \text{ б}$
2.	Уравнения реакций 1–8	$8 \times 0,5 = 4 \text{ б}$
3.	Объем формальдегида	2 б
	Итого	10 баллов

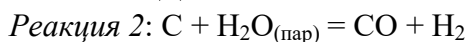
Задача № 10-4



По следствию из закона Гесса:

$$Q_r = Q_f(\text{CO}) + 3Q_f(\text{H}_2) - Q_f(\text{CH}_4) - Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 110.5 + 3 \times 0 - 74.8 - 241.8 =$$

$$= -206.1 \text{ кДж/моль}$$



По следствию из закона Гесса:

$$Q_r = Q_f(\text{CO}) + Q_f(\text{H}_2) - Q_f(\text{C}) - Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 110.5 + 0 - 0 - 241.8 =$$

$$= -131.3 \text{ кДж/моль}$$

2. $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 8000 / 32 = 250 \text{ моль}$

Тогда при синтезе 1 моль метанола выделится:

$$Q = 22700 / 250 = 90.8 \text{ кДж/моль}$$

Термохимическое уравнение реакции 3:



3. Если выход метанола составил 20%, то в соответствии с уравнением в реакцию 3 вступили:

$0.7 \times 0.2 = 0.14 \text{ моль/л}$ водорода (выход считаем по веществу в недостатке), $0.7 \times 0.1 = 0.07 \text{ моль/л}$ угарного газа,

образовалось 0.07 моль/л метанола.

Тогда равновесные концентрации веществ равны:

$$[\text{CH}_3\text{OH}] = 0.07 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2] = 0.7 - 0.14 = 0.56 \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0.7 - 0.07 = 0.63 \text{ моль/л}$$

Запишем выражение для константы равновесия реакции 3 и рассчитаем ее:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} = \frac{0.07}{0.63 \cdot 0.56^2} = 0.3543$$

4. а) Синтез метанола осуществляется в газовой фазе, причем из 3 моль исходных веществ образуется 1 моль продукта. В соответствии с принципом Ле Шателье при понижении давления равновесие смещается в сторону увеличения количества газообразных веществ, т.е.

в нашем случае влево, следовательно, понижение давления приведет к **уменьшению** выхода метанола.

б) В соответствии с принципом Ле Шателье понижение температуры смещает равновесие в сторону экзотермической реакции. Синтез метанола – экзотермическая реакция, поэтому равновесие будет смещаться вправо, что приведет к **увеличению** выхода метанола.

в) Катализатор оказывает влияние только на скорость реакции, следовательно, и на время достижения равновесия, но не оказывает влияние на его смещение. Поэтому, при увеличении количества катализатора выход метанола **не изменится**.

5. В соответствии с правилом Вант-Гоффа при повышении температуры на каждые 10°C скорость реакции возрастает в γ раз, где γ – температурный коэффициент Вант-Гоффа.

Для реакции синтеза метанола $\gamma = 2.5$, следовательно, при повышении температуры на 100°C скорость реакции увеличится в $2.5^{10} = 9537$ раз.

Система оценивания

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнения <i>реакций 1 и 2</i> Тепловые эффекты	$2 \times 1 = 2$ б $2 \times 1 = 2$ б
2.	Тепловой эффект реакции синтеза метанола Термохимическое уравнение <i>реакции 3</i> .	0,5 б 0,5 б
3.	Равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза Значение константы равновесия	$3 \times 0,5 = 1,5$ б 1 б
4.	Влияние факторов на выход метанола (без аргументов – 0б)	$3 \times 0,5 = 1,5$ б
5.	Расчет увеличения скорости	1 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

Рассмотрим кристаллическую структуру элемента X:

$$\rho = \frac{n \cdot M_r}{V \cdot N_A}; M_r = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{n}$$

Объем элементарной ячейки $V = a^3 = (5.148 \text{ Å})^3 = 136.432 \text{ Å}^3$ или $1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$ ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ см}$).

На одну элементарную ячейку в объемно-центрированной кубической кристаллической решетке приходится 2 атома, $n = 2$. Подставив все значения в формулу, получим:

$$M_r = \frac{5.5 \text{ г/см}^3 \cdot 1.36432 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{2} = 225.86 \approx 226 \text{ г/моль}$$

Такой атомной массе соответствует радий (Ra).

Радий – щелочноземельный металл, поэтому его свойства близки к свойствам бария:

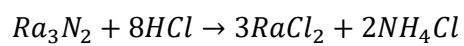
- $Ra + 2H_2O \rightarrow Ra(OH)_2 + H_2$
- $2Ra + O_2 \rightarrow 2RaO$
- $RaCl_2 + MgSO_4 \rightarrow MgCl_2 + RaSO_4 \downarrow$
- $RaCl_2 + 2KF \rightarrow RaF_2 + 2KCl$

Потемнение стекла (образование дефектов структуры), солей радия (радиолиз) и свечение воздуха (ионизация азота) вокруг активных образцов объясняется изрядной радиоактивностью.

При окислении радия на воздухе кроме оксида RaO образуется нерастворимый в воде нитрид Ra_3N_2 . Подтвердим это расчетами:

$$M(Ra_3N_2) = 706; \omega(Ra) = \frac{226 \cdot 3}{706} 100\% = 96.03\%$$

Нитрид радия реагирует с соляной кислотой:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1	Определение элемента X	5 б.
2	Написание реакций 1 – 4	0.5×4 = 2 б.
3	Объяснение свойств препаратов радия	1 б.
4	Написание формулы нитрида радия	1 б.
5	Реакция растворения нитрида в кислоте	1 б.
	Итого	10 баллов