

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. Вещество **Б**, способное растворить диоксид кремния, – вероятнее всего фтороводород HF (его водный раствор – плавиковую кислоту – нельзя хранить в стеклянной посуде). Тогда по потере массы при прокаливании можно определить молярную массу соли **А**. Составим уравнение:

$$\frac{20n}{M(A)} = 0,25636,$$

откуда $M(A) = 78n$.

Вещество **Д** – хлорид ЭCl_x .

$$1: x = \frac{52,35}{A_r(\text{Э})} : \frac{47,65}{35,5} = \frac{52,35}{A_r(\text{Э})} : 1,34$$
$$A_r(\text{Э}) = \frac{52,35x}{1,34} = 39x$$

При $x=1$ $A_r(\text{Э}) = 39$ а.е.м, что соответствует калию, следовательно, **Д** – это хлорид калия KCl. Тогда соединение **В** – это фторид калия KF, а исходная соль **А** – гидрофторид калия KHF_2 (при $n = 1$ $M(A) = 78$ г/моль). При электролизе гидрофторида калия образуется **Е** – фтор F_2 : $M(\text{Е}) = 1,31 \cdot 29 = 38$ г/моль – соответствует F_2

Таким образом,

А – KHF_2 – гидрофторид калия;

Б – HF – фтороводород (плавиковая кислота – незачет);

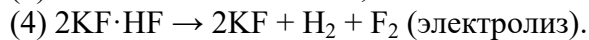
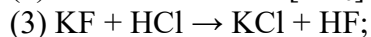
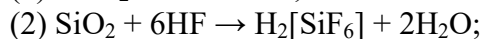
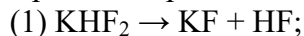
В – KF – фторид калия;

Г – $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ – гексафторосиликат водорода (гексафторкремниевая кислота);

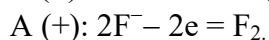
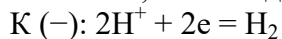
Д – KCl – хлорид калия;

Е – F_2 – фтор.

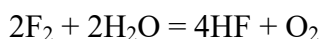
Уравнения реакций:



2. При электролизе расплава гидрофторида калия на катоде происходит восстановление ионов H^+ , а на аноде – окисление фторид-ионов:



3. Фтор – сильный окислитель, поэтому при растворении в воде он будет окислять воду согласно уравнению:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Вещества А–Е с названиями	0,5×6 = 3 б.
2	Уравнения реакций (1) – (4)	1×4 = 4 б.
3.	Процессы на катоде и на аноде	1×2 = 2б.
4.	Уравнение реакции окисления воды	1 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

1. Из кристаллографических данных можно рассчитать молярную массу металла **X**. Учитывая, что кубическая объемноцентрированная ячейка содержит два атома **X** ($Z = 2$), получим:

$$M(X) = \rho \cdot N_A \cdot a^3 / Z = 0.534 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot (3.5 \cdot 10^{-8})^3 / 2 = 6.9 \text{ г/моль, что соответствует литию Li.}$$

2. При хранении на воздухе литий может взаимодействовать с компонентами воздуха – кислородом, азотом, и углекислым газом. Прирост массы будет обусловлен возможным образованием Li_2O , Li_3N , Li_2CO_3 .

Так как M_{cp} газовых смесей малы, логично предположить, что в их составе есть водород, который выделяется при взаимодействии лития с водой или кислотой. Второй компонент смеси **Y** обладает кислотными свойствами, это может быть только углекислый газ, образующийся при разложении карбоната лития кислотой. Второй компонент смеси **Z**, напротив обладает основными свойствами, это может быть только аммиак, образующийся при разложении нитрида лития водой (при разложении кислотой аммиак связывается в хлорид аммония).

$$n(Y) = n(Z) = 19.04 / 22.4 = 0.85 \text{ моль}$$

Пусть в каждой смеси $\varphi(H_2) = x$, тогда для второго газа $\varphi = 1-x$

$$M_{cp}(Y) = 6.94 = 2x + 44 \cdot (1-x), \text{ откуда } x = 0.8824$$

В смеси **Y** содержатся $n(H_2) = 0.85 \cdot 0.8824 = \mathbf{0.75 \text{ моль}}$

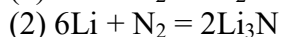
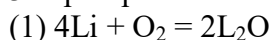
$$n(CO_2) = 0.85 \cdot 0.1176 = \mathbf{0.1 \text{ моль}}$$

$$M_{cp}(Z) = 3.765 = 2x + 17 \cdot (1-x), \text{ откуда } x = 0.8824$$

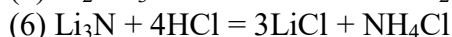
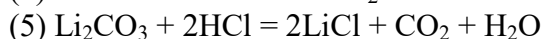
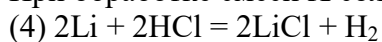
В смеси **Z** содержатся $n(H_2) = 0.85 \cdot 0.8824 = \mathbf{0.75 \text{ моль}}$

$$n(NH_3) = 0.85 \cdot 0.1176 = \mathbf{0.1 \text{ моль}}$$

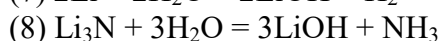
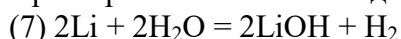
3. При хранении на воздухе протекают реакции (нумерация произвольная):



При обработке смеси **X'** соляной кислотой протекают реакции:



При обработке смеси **X'** водой протекают реакции:



Таким образом, образец **X'** содержит литий **Li**, карбонат лития Li_2CO_3 и нитрид лития Li_3N .

$$\text{Из уравнений (4) и (7) } n(Li)_{от} = 2n(H_2) = 2 \cdot 0.75 = 1.5 \text{ моль}$$

$$\text{Из уравнений (2), (8) и (1), (3), (5) } n(Li)_{рег.} = 3n(NH_3) + 2n(CO_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(Li)_{общ} = (1.5 + 0.5) \cdot 2 = 4 \text{ моль} - \text{соответствует исходному количеству}$$

В образце X':

$$m(\text{Li}) = 2 \cdot 1.5 \cdot 7 = 21 \text{ г}$$

$$w(\text{Li}) = 21 / 42.8 = 0.49 \text{ (49\%)}$$

$$m(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0.1 \cdot 74 = 14.8 \text{ г} \quad w(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 14.8 / 42.8 = 0.346 \text{ (34.6\%)}$$

$$m(\text{Li}_3\text{N}) = 2 \cdot 0.1 \cdot 35 = 7 \text{ г} \quad w(\text{Li}_3\text{N}) = 7 / 42.8 = 0.164 \text{ (16.4\%)}$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение металла X	1 б.
2	Составы газовых смесей Y и Z	4×0,5 = 2 б.
3.	Уравнения реакций	8×0,5 = 4 б.
	Качественный состав образца X'	3×0,5 = 1,5 б.
	Количественный состав образца X'	3×0,5 = 1,5 б.
	Итого	10 баллов

Задача № 10-3

Очевидно, что основными компонентами цемента Сореля являются соединения магния. Определим какой газ выделяется при прокаливании:

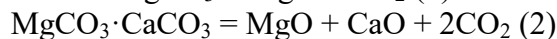
$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{pV} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25)}{95500 \cdot 0,59 \cdot 10^{-3}} = 43,97 \approx 44 \text{ г/моль.}$$

При прокаливании выделяется углекислый газ, тогда магнезит – это карбонат магния (Б).

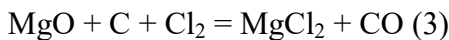
Очевидно, что доломит содержит карбонат магния и карбонат какого-то другого щелочноземельного металла, скорее всего кальция, тогда Г – оксид кальция. Представим формулу доломита следующим образом $\text{MgO} \cdot x\text{CaO} \cdot (1+x)\text{CO}_2$, тогда:

$$1 : x = \frac{21,7}{40} : \frac{30,4}{56} = 0,54 : 0,54 = 1 : 1$$

Тогда формулу доломита (В) можно представить как $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$



Вещество Д – хлорид магния:



Допустим, что бишофит имеет формулу $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, тогда

$$1 : x = \frac{46,8}{95} : \frac{100 - 46,8}{18} = 0,49 : 2,96 = 1 : 6 ;$$

Тогда формула А – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Выведем формулу вещества Е, представив ее как $x\text{MgCl}_2 \cdot y\text{MgO} \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Зная массовую долю хлора в соединении, мы можем вычислить массовую долю хлорида магния:

в 100 г Е содержится X г MgCl_2 , что соответствует 17,2 г хлора

в 1 моль = 95 г MgCl_2 содержится 71 г хлора

$$X = \frac{95 \cdot 17,2}{71} = 23,0$$

То есть Е содержит 23,0 % MgCl_2 , тогда доля MgO

$$w(\text{MgO}) = 100 - 23 - 47,9 = 29,1 \text{ \%}.$$

Отсюда:

$$x : y : z = \frac{23}{95} : \frac{29,1}{40} : \frac{47,9}{18} = 0,242 : 0,728 : 2,667 = 1 : 3 : 11$$

Таким образом **Е** имеет формулу $\text{MgCl}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ или, если учесть гидратацию оксида магния $\text{MgCl}_2 \cdot 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Рассчитаем соотношение компонентов для приготовления цемента Сореля. Для этого представим формулу **Е** как $(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot 3\text{MgO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, то есть мольное соотношение $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} : \text{MgO} : \text{H}_2\text{O}$ равно $1 : 3 : 5$, что соответствует

$$m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) : m(\text{MgO}) : m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 203 : 3 \cdot 40 : 5 \cdot 18 = 203 : 120 : 90 = \\ = 1,7 : 1,0 : 0,75.$$

То есть, для получения цемента Сореля необходимо смешать бишофит и оксид магния в массовом соотношении $1:1,7$ и добавить $0,75$ весовых частей воды. Важно отметить, что действительное соотношение может быть иным, так как при затвердевании цемента Сореля возможно образование и других соединений.

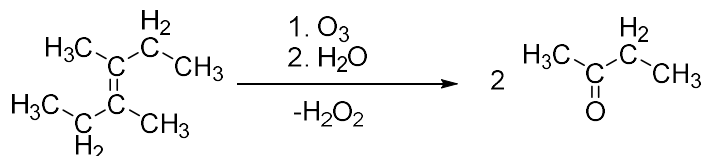
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Определение веществ А–Е	5×1 б = 5 б.
2	Написание уравнений реакций (1)–(3)	3×1 б = 3 б.
3.	Вывод формулы Е (любой вариант написания) <i>без подтверждения расчетами – 0,5 б</i>	1 б.
4.	Расчет массового соотношения оксида магния, бишофита и воды (оценивается любое верное соотношение)	1 б.
	Итого	10 баллов

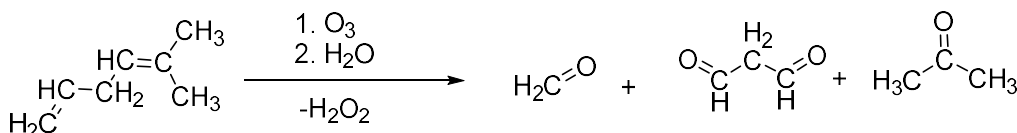
Задача № 10-4

Исходя из описанных реакций можно предположить, что речь идет об озоне (O_3). Образование озона возможно при пропускании тихого электрического разряда через воздух, а лучше через кислород. Образующийся озон способен окислять даже сульфид свинца до сульфата свинца.

- $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$
- $\text{PbS} + 4\text{O}_3 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4\text{O}_2$



- 3,4-диметилгекс-3-ен



- 5-метилгекса-1,4-диен

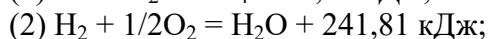
Цинк с уксусной кислотой при взаимодействии выделяют водород, который в момент образования является атомарным и нейтрализует избыток озона, что не позволяет окисляться альдегидам до карбоновых кислот или CO_2 .

Разбалловка

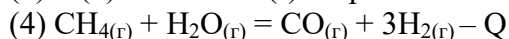
№	Элемент ответа	Баллы
1.	Написание <i>реакций 1 – 4</i>	4×1 = 4 б.
2.	Формула и название соединения А	2×1 = 2 б.
3.	Формулы и названия соединений В–С	4×0,5 б = 2 б.
4.	Объяснение роли цинка в уксусной кислоте	2 б.
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

1. Под теплотами образования подразумевается тепловой эффект получения вещества из простых веществ:



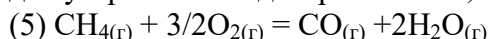
Согласно закону Гесса можно из трех уравнений составить уравнение (4), для этого возьмем (1) и (2) со знаком (-) и прибавим к ним выражение (3), в итоге получим:



Для расчета теплового эффекта совершим те же математические операции:

$Q_4 = Q_3 - Q_2 - Q_1 = 110,53 - 74,85 - 241,81 = -206,13 \text{ кДж}$ – реакция эндотермическая.

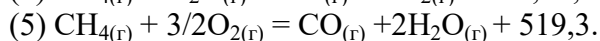
2. Реакция неполного сгорания метана выглядит следующим образом, если она используется для устранения эндотермичности, значит, реакция – экзотермическая:



Рассчитаем по аналогии ее тепловой эффект:

$Q = Q_3 + 2Q_2 - Q_4 = 110,53 + 2 \cdot 241,81 - 74,85 = 519,3 \text{ кДж}.$

Необходимо рассчитать в каких соотношениях нужно взять реакции (4) и (5), что их суммарный тепловой эффект был равен 0.



Умножим (4) на x , а (5) на y . Произведем расчет теплоты.

$$-206,13 \cdot x + 519,3 \cdot y = 0$$

$x = 2,52 \cdot y$, т.е. если в реакции (5) принимает участие 1 моль CH_4 , то в реакции (4) принимает участие 2,52 моль, суммарное число 3,52 моль.

Кислород является только участником реакции (5), если в ней участвует 1 моль метана, то количество вещества кислорода составит 1,5 моль.

Мольное соотношение будет равно: $\frac{n_{CH}}{n_{O_2}} = \frac{3,52}{1,5} = 2,35$ или $n_{CH_4} : n_{O_2} = 2,35 : 1$

3. Средняя молекулярная масса смеси равна $M_{cp} = 29 \cdot 0,77 = 22,33 \text{ г/моль}$

Найдем соотношение метана и кислорода:

x – мольная доля метана; y – мольная доля кислорода

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 16x + 32y = 22,33 \end{cases}$$

Решаем систему уравнений: $x = 0,60$; $y = 0,40$, т.е. на 3 моль метана приходится 2 моль кислорода.

Согласно (5) реакции, для сжигания 2 моль кислорода нужно 1,33 моль метана, значит оставшийся метан будет реагировать по реакции (4) – 1,67 моль.

Тепловой эффект процесса будет равен:

$Q = 1,33 \cdot 519,3 - 1,67 \cdot 206,21 = 346,4 \text{ кДж}.$

Разбалловка

1.	Расчет теплового эффекта паровой конверсии метана	2 б.
2.	Расчет теплового эффекта реакции неполного сгорания метана	2 б.
3.	Определение соотношения объемов метана и кислорода	3 б.
4.	Расчет мольного соотношения метан:кислород для условия 3	1 б.
5.	Расчет теплового эффекта	2 б.
	Итого:	10б