

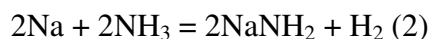
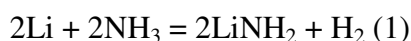
## 2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

### 2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

#### 2.1.1. Задания 9 класса

##### Задача №9-1

При растворении щелочных металлов в жидком аммиаке образуются амиды:



При взаимодействии амидов с оксидом азота (I) образуются азиды:



Термическое разложение азидов идёт по уравнениям:



1 моль  $\text{LiN}_3$  даёт 1,33 моль  $\text{N}_2$  (29,87 л при н. у.)



1 моль  $\text{NaN}_3$  даёт 1,5 моль  $\text{N}_2$  (33,60 л при н. у.)

Приведем объём выделившегося газа к н. у., предварительно выразив давление в кПа, а температуру в К:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} \Rightarrow V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{96 \cdot 7,304 \cdot 273}{298 \cdot 101,325} = 6,34 \text{ л.}$$

Составим систему уравнений для расчета масс азидов в исходной смеси, приняв, что  $x$  и  $y$  – соответственно массы азидов лития и натрия в смеси.

$$x + y = 11,4 \text{ г}$$

$$\frac{29,87}{49}x + \frac{33,60}{65}y = 6,34$$

Второе уравнение представляет собой связь объёма выделившегося азота с массами азидов.

Решая полученную систему уравнений, найдем массы азидов лития и натрия:

$$m(\text{LiN}_3) = x = 4,87 \text{ г,}$$

$$m(\text{NaN}_3) = y = 6,53 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовые доли азидов:

$$\omega(\text{LiN}_3) = \frac{4,87}{11,4} \cdot 100 = 42,72 \%$$

$$\omega(\text{NaN}_3) = \frac{6,53}{11,4} \cdot 100 = 57,28 \%$$

##### Разбалловка

Написание уравнений (1) – (4)	4 x 1 б. = 4 б.
Написание уравнений (5) и (6)	2 x 1 б. = 2 б.
Вычисление масс азидов лития и натрия в смеси	3 б.
Вычисление массовых долей азидов лития и натрия	2 x 0,5 б. = 1 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-2

Определим металл **X**, зная его массовую долю в нитрате.

$$w(X) = \frac{A}{A + 62x} = 0.62538 \quad \text{или } A = 103,33n$$

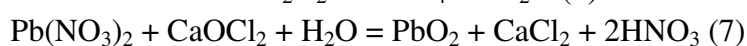
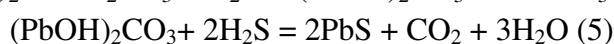
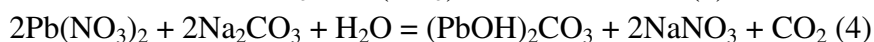
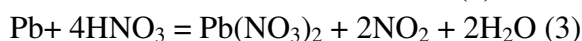
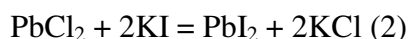
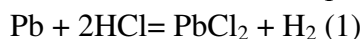
где  $A$  – атомная масса металла **X**,  $n$  – его валентность.

При  $n = 1$   $A = 103,33$ , что близко к родию.

При  $n = 2$   $A = 206,67$ , что соответствует свинцу.

В силу того, что родий является редким благородным металлом, то **X** – это свинец.

Напишем все уравнения реакций, отвечающих цепочке превращений:



<b>A</b> <sub>1</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>A</b> <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>	<b>A</b> <sub>6</sub>	PbCl <sub>2</sub>
<b>A</b> <sub>2</sub>	(PbOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	<b>A</b> <sub>5</sub>	PbO <sub>2</sub>	<b>A</b> <sub>7</sub>	PbI <sub>2</sub>
<b>A</b> <sub>3</sub>	PbS				

Вещество **A**<sub>2</sub> – белое, **A**<sub>3</sub> – черное, **A**<sub>7</sub> – желтое.

### Разбалловка

Определение металла <b>X</b> (без расчета – 0,5 б.)	1 б.
Написание уравнений (1) – (8)	8 x 0,5 б. = 4 б.
Определение веществ <b>A</b> <sub>1</sub> – <b>A</b> <sub>7</sub>	7 x 0,5 б. = 3,5 б.
Названы цвета осадков	3 x 0,5 б. = 1,5 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №9-3

Определим вещество **B**, зная, что это бескислородная кислота, формулу которой можно представить как H<sub>n</sub>Э, где  $n$  – валентность элемента Э. Предположим, что нам дана массовая доля водорода – 2,74 %, тогда:

$$w(H) = \frac{1 \cdot n}{1 \cdot n + A(\text{Э})} = 0,0274$$

$$36,5n = n + A(\text{Э})$$

$$A(\text{Э}) = 35,5n$$

При  $n = 1$ ,  $A(\text{Э}) = 35,5$ , что соответствует хлору;

При  $n = 2$ ,  $A(\text{Э}) = 71,0$ , нет подходящего элемента;

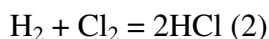
При  $n = 3$ ,  $A(\text{Э}) = 106,5$ , что соответствует палладию;

При  $n = 4$ ,  $A(\text{Э}) = 142,0$ , нет подходящего элемента.

Так как палладий не образует водородных соединений, обладающих кислотными свойствами, то **B** – это хлороводород (HCl).

Так как В получается при обработке Б серной кислотой, можно предположить, что А – сульфат, а Б – хлорид металла, распространенного в природе. Это может быть натрий или калий, магний или кальций. Подсказкой служит название минералов. Мирабилит – декагидрат сульфата натрия, тенардит – безводный сульфат натрия. Таким образом, А – сульфат натрия, Б – хлорид натрия. Доказать, что катион – натрий можно используя результаты получения хлороводорода (В) из продуктов электролиза раствора хлорида натрия (Б).

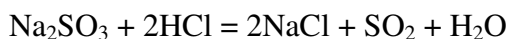
Запишем уравнения реакций:



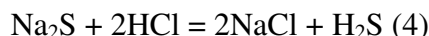
Согласно уравнениям 2 моль хлороводорода образуется из 2 моль хлорида натрия. В нашем случае,  $n(\text{HCl}) = 382,9 / 22,4 = 17,09$  моль образуется из  $n(\text{NaCl}) = 1000/58,5 = 17,09$  моль. Что подтверждает выбор катиона натрия.



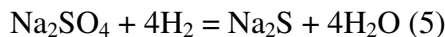
Вещество Г образуется при восстановлении А, то есть это может быть либо сульфит, либо сульфид натрия. Напишем уравнение взаимодействия сульфита натрия и сульфида натрия с хлороводородной кислотой:



При взаимодействии  $3,9 / 126 = 0,031$  моль сульфита натрия с хлороводородной кислотой образуется  $0,031 \cdot 64 = 1,98$  г диоксида серы, что не соответствует условиям задачи.



При взаимодействии  $3,9 / 78 = 0,05$  моль сульфида натрия с хлороводородной кислотой образуется  $0,05 \cdot 34 = 1,70$  г сероводорода, что соответствует условиям задачи. То есть Г – сульфид натрия, Д – сероводород.



#### Разбалловка

Определение веществ А–Д	5x1 б. = 5 б.
Написание уравнений (1)–(5)	5x1 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №9-4

Определим вещество А, предполагая, что это бинарное соединение железа и иода, формулу которой можно представить в виде  $\text{Fe}_n\text{I}_m$ . Возможные варианты значений это  $[n=1, m=2]$  для иодида железа (II),  $[n=1, m=3]$  для иодида железа (III),  $[n=3, m=8]$  для смешанного иодида железа (II, III). Также нам дана массовая доля железа в соединении – 14,16 %, тогда произведем расчеты и выберем необходимое нам соединение:

$$w(\text{Fe}) = \frac{A(\text{Fe}) \cdot n}{A(\text{Fe}) \cdot n + A(\text{I}) \cdot m} = 0,1416$$

Под данные условия подходит смешанный иодид железа (II, III), значит соединение А –  $\text{Fe}_3\text{I}_8$ .

Уравнение получения выглядит следующим образом:



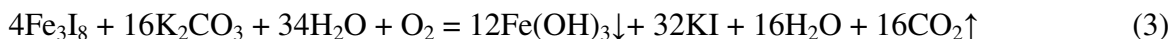
Степени окисления железа в веществе А +2 и +3.

Поскольку происходит процесс гидролиза и кипячения, бурый осадок имеет формулу  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  или более привычного вида  $Fe(OH)_3$ .  $Fe(OH)_2$  в процессе кипячения окисляется до  $Fe(OH)_3$ , поэтому в осадке отсутствует.

Уравнение образования бурого осадка выглядит следующим образом:



или



или



Для решения задачи рассчитаем количества веществ иода и железа, которые вступают в реакцию:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)} = \frac{8,0}{55,85} = 0,143 \text{ моль}$$

$$n(I_2) = \frac{m(I_2)}{M(I_2)} = \frac{25,0}{253,8} = 0,099 \text{ моль}$$

Поскольку иод в недостатке, расчеты будем проводить по нему. Из уравнения реакции (1) видно, что на каждые 4 моль иода мы получаем 1 моль конечного продукта, также учтем выход в 94%:

$$n(Fe_3I_8) = \frac{n(I_2)}{4} \cdot 0,94 = \frac{0,099}{4} \cdot 0,94 = 0,023 \text{ моль}$$

Из любого из уравнений реакций (2–4) видно, что из 1 моль иодида железа (II, III) образуется 8 моль иодида калия, также учтем выход в 56%:

$$n(KI) = n(Fe_3I_8) \cdot 8 \cdot 0,56 = 0,023 \cdot 8 \cdot 0,56 = 0,103 \text{ моль}$$

Рассчитаем массу иодида калия:

$$m(KI) = n(KI) \cdot M(KI) = 0,103 \cdot 166 = 17,098 \text{ г}$$

#### Разбалловка

Определение вещества А	2 б.
Написание уравнения (1)	1 б.
Определение степеней окисления железа в веществе А	1 б.
Определение состава бурого осадка, при упоминании присутствия в осадке гидроксида железа (II) – 0 б.	1 б.
Написание любого из уравнений (2) – (4)	3 б.
Вычисление массы иодида калия	2 б.
ИТОГО	10 б.

#### Задача №9-5

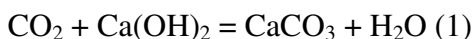
Определим вещество А по продуктам разложения В и Г.

$$m(\Gamma) = m(A) - m(B) = 4,40 \text{ г}$$

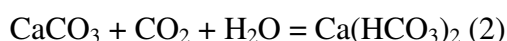
$$V(\Gamma) = 2240 \text{ мл} = 2,24 \text{ л}$$

$$\implies M(\Gamma) = 44 \text{ г/моль, под подобные условия}$$

подходит несколько газов, например,  $N_2O$ ,  $C_3H_8$ ,  $CO_2$ , однако только  $CO_2$  будет давать осадок с известковой водой по реакции:

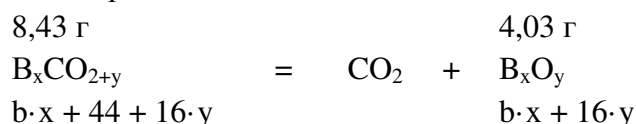


И осадок карбоната кальция будет растворяться при дальнейшем пропускании углекислого газа:



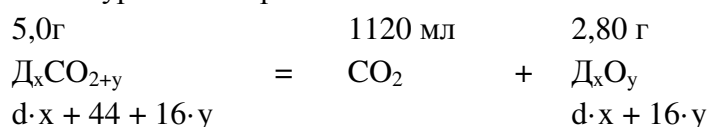
Следовательно, газ Г – CO<sub>2</sub>.

Из этого запишем уравнение разложения А в более точном виде:



После преобразований получим уравнение вида  $b \cdot x + 16 \cdot y = 40,3$ . Перебором коэффициентов получим, что искомый металл В – магний, вещество А – карбонат магния.

Для вещества Б известно, что анион идентичен, следовательно можно записать уравнение разложения, аналогичное уравнению разложения А:



После преобразований получим уравнение вида  $d \cdot x + 16 \cdot y = 56$ . Перебором коэффициентов получим, что искомое вещество Б – карбонат кальция.

Формула доломита – CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>.

1. Запишем уравнение реакции разложения карбоната магния:



Рассчитаем  $\Delta H$  реакции по закону Гесса:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298} \text{исходных веществ} = \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{MgO}_{(\text{к})}) - \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{MgCO}_{3(\text{к})}) = -393,50 - 601,50 + 1095,85 = 100,85 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Рассчитаем  $\Delta S$  реакции по закону Гесса:

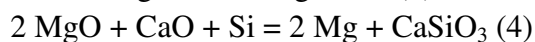
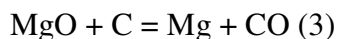
$$\Delta S^{\circ}_{298} = \sum \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298} \text{исходных веществ} = \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{MgO}_{(\text{к})}) - \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{MgCO}_{3(\text{к})}) = 213,67 + 27,07 - 65,10 = 175,64 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Точкой, после которой станет возможно самопроизвольное протекание процесса, является состояние, при котором  $\Delta G = 0$ . Рассчитаем его:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 100\,850 - T \cdot 175,64 = 0$

$$T = \frac{100\,850}{175,64} = 574,19 \text{ К}$$

Таким образом, при температуре выше 574,19 К возможно самопроизвольное протекание реакции.

2. К промышленным способам получения магния из оксида магния можно отнести восстановление углеродом (чистый оксид магния) с образованием угарного газа или кремнием (в смеси с оксидом кальция) по следующим реакциям:



#### Разбалловка

Определение веществ А–Г и доломита	5x0,5 б. = 2,5 б.
Написание уравнений (1), (2)	2x0,5 б. = 1 б.
Написание уравнения разложения карбоната магния с указанием фазовых состояний веществ, без указания – 0,5 б.	2 б.
Расчет $\Delta H$ и $\Delta S$ для реакции разложения карбоната магния, расчет температуры, при которой становится возможным самопроизвольное протекание процесса	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнения (3) или (4)	1,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>