

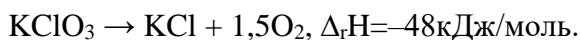
## 11 класс

**Задача 1.** При электролизе 50 г 22,56%-го раствора нитрата меди (II) на электродах выделилось 3,2 г продуктов. Полученный раствор сначала разбавили таким количеством воды, что массовая доля соли составила 4,7%, а затем к нему добавили 8,58 г кристаллической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Вычислите массовую долю нитрата натрия в итоговом растворе.

	<i>Критерии оценивания</i>
<p>1) Уравнения реакций:</p> $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu} + \text{O}_2 + 4\text{HNO}_3 \quad (1)$ $2\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (2)$	<b>2x2 балла</b>
<p>2) Вычислим количество нитрата меди, оставшегося после электролиза</p> $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{исх.}}) = 50 \cdot 0,2256 : 188 = 0,06 \text{ моль}$ <p>Пусть <math>n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{разл.}}) = x</math> моль, тогда <math>n(\text{Cu}) = x</math> моль, <math>n(\text{O}_2) = 0,5x</math> моль</p> $64x + 32 \cdot 0,5x = 3,2 \Rightarrow x = 0,04 \text{ моль}$ $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{ост.}}) = 0,06 - 0,04 = 0,02 \text{ моль}$	<b>4 балла</b>
<p>3) Вычислим количество нитрата натрия</p> $n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 8,58 : 286 = 0,03 \text{ моль}$ $n(\text{HNO}_3) = 2n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{разл.}}) = 0,08 \text{ моль}$ $\frac{0,08}{2} > \frac{0,03}{1} \Rightarrow \text{HNO}_3 \text{ в избытке}$ $n(\text{NaNO}_3) = 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,06 \text{ моль}$	<b>4 балла</b>
<p>4) Вычислим массовую долю нитрата натрия в итоговом растворе</p> $m(\text{NaNO}_3) = 0,06 \cdot 85 = 5,1 \text{ г}$ $m(\text{итог. р-ра}) = m(\text{разб. р-ра}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2)$ $m(\text{разб. р-ра}) = m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{\text{ост.}}) : \omega = 0,02 \cdot 188 : 0,047 = 80 \text{ г}$ $m(\text{итог. р-ра}) = 80 + 8,58 - 0,03 \cdot 44 = 87,26 \text{ г}$ $\omega(\text{NaNO}_3) = 5,1 : 87,26 \cdot 100\% = 5,84\%$	<b>4 балла</b>
<b>Итого за задачу:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задача 2.** Для устойчивого горения пиротехнической смеси без доступа воздуха необходимо, чтобы на 1 г этой смеси исходных веществ выделилось не менее 1,5 кДж теплоты.

Энтальпия сгорания угля ( $-394$  кДж/моль).



Вычислите минимальную массу (г) угля (допустимо считать его чистым углеродом), которую нужно добавить к 100 г хлората калия для устойчивого горения смеси.

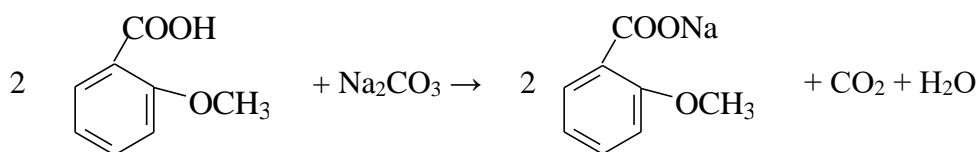
	<i>Критерии оценивания</i>
1. Реакция горения угля: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	<i>1 балл</i>
2. При горении 1 моль углерода выделяется 394 кДж теплоты. Пусть надо взять $x$ г угля, тогда масса смеси будет составлять $m=100 + x$ . При горении $x$ г углерода выделяется: $1 \text{ моль} - 394 \text{ кДж}$ $x/12 \text{ моль} - Q$ $Q = 394x/12 \text{ кДж}$	<i>4 балла</i>
3. При разложении 100 г $\text{KClO}_3 - 48 \cdot 100/122,5$ кДж.	<i>2 балла</i>
4. Таким образом, при горении смеси массой ( $m=100 + x$ ) г выделится $[394x/12 + 48 \cdot 100/122,5] \text{ кДж}$	<i>4 балла</i>
5 По условию для устойчивого горения необходимо, чтобы на 1 г смеси выделилось не менее 1,5 кДж: $(394x/12 + 48 \cdot 100/122,5) / (100 + x) = 1,5$ $x = 3,54 \text{ г}$	<i>4 балла</i>
<b>Итого за задачу:</b>	<b><i>15 баллов</i></b>

**Задача 3.** Два соединения **А** и **Б**, имеющие молекулярную формулу  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ , реагируют с водным раствором карбоната натрия, причем в случае соединения **А** выделяется  $\text{CO}_2$ . Тот же газ выделяется при взаимодействии **А** с одним из продуктов реакции **Б** с карбонатом натрия.

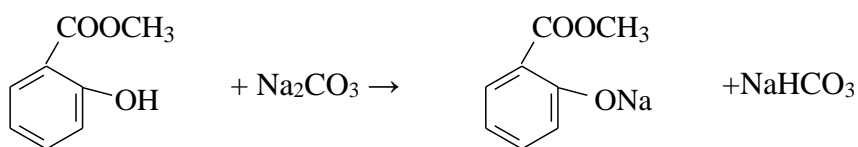
1. Установите структурные формулы соединений А и Б, если известно, что они являются производными кислоты, служащей исходным веществом для синтеза широко распространенных лекарственных препаратов. Ответ обоснуйте.
2. Напишите уравнения проведенных реакций.

Соединения А и Б обладают кислотными свойствами и являются производными бензола. По своему составу они отличаются от важного лекарственного препарата – салициловой кислоты (*o*-гидроксibenзойной кислоты) на  $\text{CH}_2$  группу. Соединение А, выделяющее  $\text{CO}_2$  при реакции с карбонатом, имеет свободную карбоксильную группу и может представлять собой либо метилсалициловую кислоту, либо *o*-метоксибензойную кислоту  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OCH}_3)\text{COOH}$ . Условиям задачи удовлетворяет второе соединение, т.к. метилсалициловая кислота не используется в производстве лекарственных препаратов.

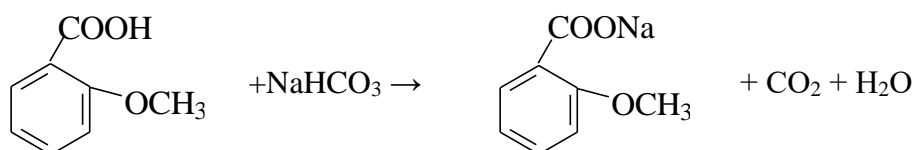
Вторым соединением (Б) может быть метиловый эфир салициловой кислоты  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOCH}_3$ , который может реагировать как фенол с карбонатом с образованием  $\text{NaHCO}_3$ .  $\text{NaHCO}_3$ , в свою очередь, может в результате реакции с соединением А также выделять  $\text{CO}_2$ .



Соединение А



Соединение Б



**Критерии оценивания:**

Установление структурных формул веществ А и Б ( по 4 балла за каждое соединение) – **8 баллов**

Уравнения реакций (за каждое уравнение по 4 балла) – **12 баллов**

Обоснование – **5 баллов**

**Итого за задачу: 25 баллов**

**Задача 4.** «Э» был открыт в 1817 г. шведским химиком Берцелиусом, он же и предложил его название. «Э» является сильным ядом, действующим при поступлении в организм подобно мышьяку. В чистом виде «Э» твердое вещество, обладающее серым цветом с металлическим отсветом.

«Э» энергично взаимодействует с фтором, при нагревании с хлором, кислородом. При взаимодействии с кислородом можно получить только один оксид, белый, твердый при комнатной температуре ЭО<sub>2</sub>. Кислота, образованная «Э», водородом и кислородом, способна растворить золото. Массовая доля «Э» в кислоте составляет 54,5%. «Э» своих минералов практически не образует, в природе сопутствует сере. «Э» образует с серой соединение под названием сульсен, которое используют в медицине.

1. Назовите «Э». Ответ обоснуйте.
2. Напишите уравнения реакций «Э» с фтором, хлором, кислородом.
3. Установите формулу кислоты и напишите уравнение реакции этой кислоты с золотом.

- 1) «Э» сопутствует сере – селен
- 2) Определим молекулярную массу «Э» по его содержанию в кислоте. Учитывая, что на водород и кислород приходится 45,5%, можно определить молярную массу кислоты, а по ней элемент.

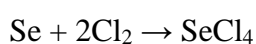
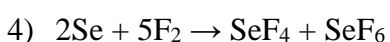
$$M(\text{кислоты}) = 17 / 0,455 = 37,4 \text{ г/моль}$$

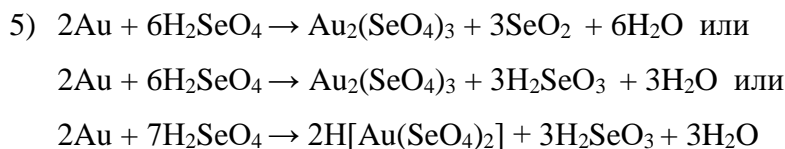
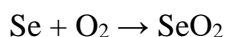
Формула	НЭО	Н <sub>2</sub> ЭО <sub>2</sub>	НЭО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub> ЭО <sub>3</sub>	НЭО <sub>3</sub>	Н <sub>2</sub> ЭО <sub>4</sub>	НЭО <sub>4</sub>
Валентность	I	II	III	IV	V	VI	VII
M(НхОу)	17	34	33	50	49	66	65
M(к-ты)	37.4	74.7	72.5	109.9	107.7	145.0	142.8
M («Э»)	20.4	40.7	39.5	59.9	58.7	79.0	77.8
«Э»	Ne???	–	???	–	Ni	<b>Se</b>	–

Для кислот состава Н<sub>3</sub>ЭО<sub>4</sub> и Н<sub>3</sub>ЭО<sub>3</sub> по процентному содержанию ближе всего подходит мышьяковая кислота, но мышьяк не подходит по условию задачи ЭО<sub>2</sub>.

- 3) «Э» - селен (**Se**).

Кислота селеновая Н<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>



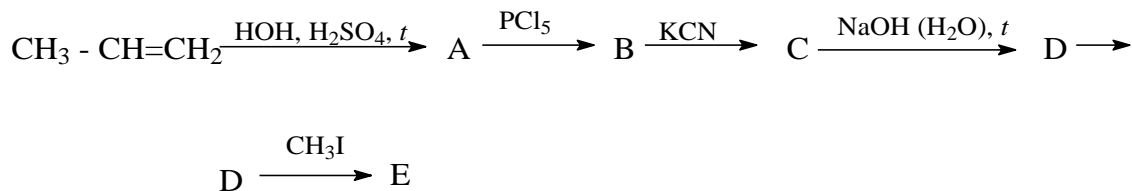


**Критерии оценивания:**

- 1) Установление элемента – **3 балла**.  
Обоснование ответа – **8 баллов**
- 2) Установление формулы селеновой кислоты – **2 балла**  
Уравнение реакции кислоты с золотом – **3 балла**
- 3) Уравнения реакций «Э» с фтором, хлором, кислородом (по 3 балла за уравнение) – **9 баллов**

**Итого за задачу: 25 баллов**

**Задача 5.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.



**Критерии оценивания:**

За каждое уравнение реакции по 3 балла – **15 баллов**

**Итого за задачу: 15 баллов**

- 1)  $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH}_2 + \text{НОН} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$   
(А)
- 2)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3 + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{Cl}) - \text{CH}_3 + \text{HCl} + \text{POCl}_3$   
(В)
- 3)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{Cl}) - \text{CH}_3 + \text{KCN} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CN}) - \text{CH}_3 + \text{KCl}$   
(С)

