

## 9 класс

### Вариант 1

#### Задача 1

Элемент X образует газообразные оксиды А и Б, эквимольная смесь которых содержит одинаковое количество (в моль) атомов X и атомов кислорода. Общее количество атомов в смеси больше общего количества молекул в 3 раза.

Известно так же, что относительная плотность А по Б составляет 1,289.

#### Задание:

- 1) Определите элемент X и вещества А и Б
- 2) Определите, к какому типу оксидов относятся вещества А и Б. Возможно ли их взаимодействие со щелочами? Если возможно, напишите уравнения реакций.
- 3) При облучении ультрафиолетом вещество А может разлагаться с образованием вещества Б и простого вещества. Напишите уравнение реакции.

#### Решение:

Пусть количество каждого из веществ А и Б равно 1 моль, тогда в смеси 2 моль молекул этих веществ.

Вещества А и Б состоят из атомов элемента X и кислорода.

$$v_{am}(X) = v_{am}(O), \text{ если } v_{общ}(ат) \text{ в 3 раза больше количества молекул, значит, } v_{общ}(ат) = 6 \text{ моль}$$

Перебирая варианты, получаем два варианта состава оксидов:  $X_2O$  и  $XO_2$ .

Предполагаем, что А – это  $X_2O$ , а Б –  $XO_2$

$$\text{Тогда, } \begin{cases} M(X_2O) = 2M(X) + 16 \\ M(XO_2) = M(X) + 32 \end{cases} \Rightarrow \frac{2M(X) + 16}{M(X) + 32} = 1,289, \text{ откуда } M(X) = 35,5 \Rightarrow Cl$$

Если предположить, что А – это  $XO_2$ , а Б – это  $X_2O$ , то при решении уравнения  $M(X) = 7,2 \frac{г}{\text{моль}}$ , это похоже на литий, но литий не образует оксид состава  $XO_2$  и, в принципе, не образует газообразных оксидов.

Итак, А – это  $Cl_2O$ , а Б –  $ClO_2$ , оба оксида при н.у. газообразные.

Уравнения взаимодействия веществ со щелочами:

- 1)  $Cl_2O + 2NaOH = 2NaClO + H_2O$
- 2)  $2ClO_2 + 2NaOH = NaClO_2 + NaClO_3 + H_2O$
- 3)  $4Cl_2O \rightarrow 3Cl_2 + 2ClO_2$

Система оценивания:		
1	За определение элемента X	2 балла
2	За определение молекулярных формул оксидов А и Б по 2 балла	4 балла
3	За уравнения реакций 1) и 3) по 1 баллу	2 балла
4	За уравнение реакции 2)	2 балла
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

## Задача 2

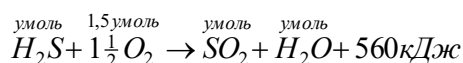
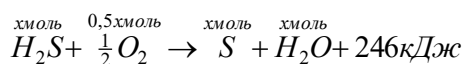
Смесь сероводорода с кислородом, имеющую плотность по воздуху 1,134, сожгли (в горении участвовал только кислород смеси). В продуктах сгорания, помимо сернистого газа, присутствовала и элементарная сера. Тепловой эффект сгорания составил 192,6 кДж.

После охлаждения смеси продуктов сгорания, в реакционный сосуд прилили 125 г 16%-ного раствора гидроксида натрия.

### Задание:

- 1) Установите состав исходной смеси (в л при н.у.), если известно, что стандартный тепловой эффект сгорания сероводорода до сернистого газа составляет 560 кДж/моль, а до элементарной серы – 246 кДж/моль.
- 2) Определите массовые доли веществ в конечном растворе после завершения всех реакций. Выход всех реакций считать 100%-ным.

### Решение:



$$v_{\text{общ}}(H_2S) = x + y (\text{моль})$$

$$v_{\text{общ}}(O_2) = 0,5x + 1,5y (\text{моль})$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot M(\text{возд}) = 1,134 \cdot 29 \text{ г/моль} = 32,8(8) \text{ г/моль}$$

$$\overline{M} = \frac{v(H_2S) \cdot M(H_2S) + v(O_2) \cdot M(O_2)}{v(H_2S) + v(O_2)}$$

$$32,88 = \frac{(x + y) \cdot 34 + (0,5x + 1,5y) \cdot 32}{x + y + 0,5x + 1,5y} \quad x = 0,089 (\approx 0,1) \quad y = 0,3026 (\approx 0,3)$$

$$v_{\text{общ}}(H_2S) = x + y (\text{моль}) = 0,3916 \text{ моль} \quad (\text{м.б. округление до } 0,4 \text{ моль}) \quad \text{или } 8,77 \text{ л (или } 8,96 \text{ л)}$$

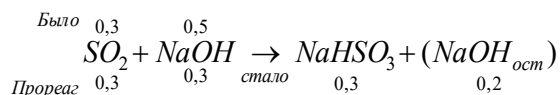
$$v_{\text{общ}}(O_2) = 0,5x + 1,5y (\text{моль}) = 0,4984 \text{ моль} \quad (\text{м.б. округление до } 0,5 \text{ моль}) \quad \text{или } 11,16 \text{ л (или } 11,2 \text{ л)}$$

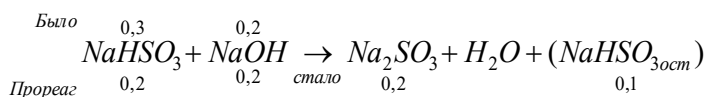
В сосуде после сгорания остались  $SO_2$ , S и  $H_2O$ . В первую очередь со щелочью будет реагировать вещество, лучше проявляющее кислотную природу, т.е.  $SO_2$ .

$$v(NaOH) = \frac{m(p - pa) \cdot \omega(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{125 \cdot 0,16}{40} = 0,5 \text{ моль}$$

$$v(SO_2) = y \text{ моль} = 0,3026 \text{ моль} \quad \text{или } 0,3 \text{ моль}$$

На полную нейтрализацию сернистого газа щелочи не хватит, значит, будет образовываться смесь солей.





$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,2 \cdot 126 = 25,2\text{г}$$

$$m(\text{NaHSO}_3) = 0,1 \cdot 104 = 10,4\text{г}$$

При расчете массы раствора следить, чтобы была учтена вода, которая образовалась после сгорания.

$$m(p - pa)_{\text{конеч}} = m(p - pa)_{\text{исх}} + m(\text{SO}_2) + m(\text{H}_2\text{O}) = 125 + 0,3 \cdot 64 + 0,4 \cdot 18 = 151,4\text{г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{m(p - pa)} = \frac{25,2}{151,4} = 0,166 \text{ или } 16,6\%$$

$$\omega(\text{NaHSO}_3) = \frac{m(\text{NaHSO}_3)}{m(p - pa)} = \frac{10,4}{151,4} = 0,0687 \text{ или } 6,87\%$$

Система оценивания:		
1	За определение состава исходной смеси	5 баллов
2	За определение массовых долей солей в растворе	5 баллов
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

### Задача 3

Раствор хлоридов натрия и неизвестного двухвалентного металла массой 500 г подвергли электролизу. Сила тока составляла 5А, а массовая доля хлорида натрия – 5% от массы раствора.

К моменту полного завершения электролиза на аноде выделилось 13,07 л (н.у.) газа, а масса катода увеличилась на 23,62 г.

Постоянная Фарадея 96500 Кл/моль. Выход по току считать 100%. Внешний источник питания отключили сразу по завершении электролиза раствора солей.

#### Задание:

- 1) Определите металл, входящий в состав второй соли.
- 2) Рассчитайте:
  - массовую долю второй соли в исходном растворе;
  - массовую долю щелочи в растворе после электролиза;
  - объем газа, выделившегося на катоде;
  - время, в течение которого проводился электролиз в часах.

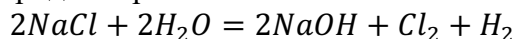
#### Решение:

При электролизе хлоридов на аноде выделяется хлор.

Общее количество выделившегося хлора:

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{13,07}{22,4} = 0,583 \text{ моль}$$

Уравнение электролиза хлорида натрия:



Найдём количество хлора, выделившегося при электролизе хлорида натрия:

$$n_2(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{NaCl})}{2} = 0,5m \frac{(\text{NaCl})}{M_r(\text{NaCl})} = 0,5w(\text{NaCl}) \cdot \frac{m(p - pa)}{M_r(\text{NaCl})} =$$

$$= 0,5 \cdot 0,05 \cdot \frac{500}{58,5} = 0,214 \text{ моль}$$

Количество водорода, выделившегося на катоде, равно количеству хлора, выделившегося на аноде при электролизе NaCl:

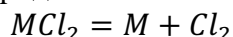
$$n(H_2) = n_2(Cl_2) = 0,214 \text{ моль}$$

$$V(H_2) = n(H_2) \cdot V_m = 0,214 \cdot 22,4 = 4,8 \text{ л}$$

Количество хлора, выделившееся при электролизе хлорида неизвестного металла:

$$n_1(Cl_2) = n(Cl_2) - n_2(Cl_2) = 0,583 - 0,214 = 0,369 \text{ моль}$$

Запишем уравнение электролиза хлорида неизвестного металла:



Количество выделившегося металла равно количеству выделившегося хлора:

$$n(M) = n_1(Cl_2) = 0,369 \text{ моль}$$

Найдём атомную массу металла:

$$A_r = \frac{m}{n} = \frac{23,62}{0,369} = 64$$

**Таким образом, неизвестный металл – медь.**

При электролизе меди водород на катоде не выделяется.

$$n(CuCl_2) = n_1(Cl_2) = 0,369 \text{ моль}$$

$$m(CuCl_2) = n \cdot M = 0,369 \cdot 135 = 49,82 \text{ г}$$

$$w(CuCl_2) = \frac{49,82}{500} \cdot 100 = 9,96 = 10\%$$

Рассчитаем молярную концентрацию гидроксида натрия:

$$m(p - pa) = 500 - m(Cu) - m(Cl_2) - m(H_2) = 500 - 23,62 - 0,583 \cdot 71 - 0,214 \cdot 2 = 434,56 \text{ г}$$

$$n(NaOH) = n(NaCl) = 2n_2(Cl_2) = 0,214 \cdot 2 = 0,418 \text{ моль}$$

$$m(NaOH) = n \cdot M = 0,418 \cdot 40 = 16,72 \text{ г}$$

$$w(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{m(p - pa)} = \frac{16,72}{434,56} = 3,85 \%$$

Время проведения электролиза рассчитаем по закону электролиза Фарадея:

$$n(Cl_2) = \frac{I \cdot t}{2F}$$

$$t = n(Cl_2) \cdot \frac{2F}{I} = 0,583 \cdot 2 \cdot \frac{96500}{5} = 22503,8 \text{ с} = 6,25 \text{ ч}$$

<b>Система оценивания:</b>		
а)	определение неизвестного метал	3 балла
б)	расчёт массовой доли CuCl <sub>2</sub>	2 балла
в)	расчёт V(H <sub>2</sub> )	1 балл
г)	расчёт массовой доли NaOH	2 балла
д)	расчёт времени	2 балла
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

#### Задача 4

Допишите левую часть уравнений. Расставьте коэффициенты. Укажите, если реакция проходит в условиях, отличных от обычных.

Во всех реакциях участвует только два реагента.

- 1)  $\dots + \dots \rightarrow KAlO_2 + CO_2 \uparrow$
- 2)  $\dots + \dots \rightarrow CuCl$
- 3)  $\dots + \dots \rightarrow Fe_2O_3 + FeCl_3$
- 4)  $\dots + \dots \rightarrow PH_3 \uparrow + Ca(OH)_2$
- 5)  $\dots + \dots \rightarrow N_2 \uparrow + Ba(OH)_2$
- 6)  $\dots + \dots \rightarrow Na_2O + H_2 \uparrow$
- 7)  $\dots + \dots \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 \uparrow + N_2 \uparrow$

#### Решение:

- 1)  $Al_2O_3 + K_2CO_3 \xrightarrow{t} 2KAlO_2 + CO_2 \uparrow$
- 2)  $CuCl_2 + Cu \rightarrow 2CuCl$
- 3)  $6FeO + 3Cl_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 2FeCl_3$
- 4)  $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 2PH_3 \uparrow + 3Ca(OH)_2$
- 5)  $3BaO_2 + 2NH_3 \xrightarrow{t} N_2 \uparrow + 3Ba(OH)_2$
- 6)  $2Na + 2NaOH \xrightarrow{t} 2Na_2O + H_2 \uparrow$
- 7)  $4NaNO_3 + 5C \xrightarrow{t} 2Na_2CO_3 + 3CO_2 \uparrow + N_2 \uparrow$

#### Система оценивания:

1)	За уравнения 1-4 по 1 баллу	4 балла
2)	За уравнения 5-7 по 2 балла	6 баллов
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

#### Задача 5

В растворе Е фиолетового цвета присутствуют катионы двух металлов одного периода и анионы сильной кислоты. Общее количество катионов равно общему количеству анионов.

Если к исходному фиолетовому раствору Е прибавлять по каплям раствор гидроксида калия, будет сразу наблюдаться выпадение голубовато-серого осадка (реакция 1).

Если к раствору гидроксида калия по каплям прибавлять исходный фиолетовый раствор, то до некоторых пор выпадения осадка наблюдаться не будет, а цвет раствора будет изменяться с фиолетового на зеленый (реакция 2). Если в полученный раствор добавить концентрированный раствор пероксида водорода, то появится лимонно-желтая окраска (реакция 3)

Раствор Е также реагирует с раствором хлорида бария с образованием белого кристаллического осадка (реакция 4) и имеет кислую реакцию среды (реакция 5).



Система оценивания:		
1)	За определение состава кристаллов А и Б по 1 баллу	2 балла
2)	За составление уравнений реакций 1-6 по 1 баллу	6 баллов
3)	За ответ на вопрос об отсутствии признаков протекания реакции	1 балл
4)	За объяснение кислотности среды и уравнение гидролиза	1 балл
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

### Задача 6

В горячей воде массой 200 г последовательно растворили 21,3 г фосфорного ангидрида и 14,8 г гашеной извести. Когда раствор охладили до комнатной температуры в осадок выпало вещество белого цвета А, а в растворе осталось вещество Б. Осадок А аккуратно отделили и прокаляли при температуре красного каления до постоянной массы. При этом образовалось вещество В. Изменение массы твердого вещества в этом процессе составило 6,62%.

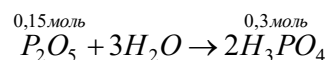
#### Задание:

- 1) Напишите уравнения реакций всех упомянутых здесь реакций.
- 2) Определите вещества А, Б, В. Свои доводы подтвердите расчетами.
- 3) Рассчитайте массовую долю Б в растворе.

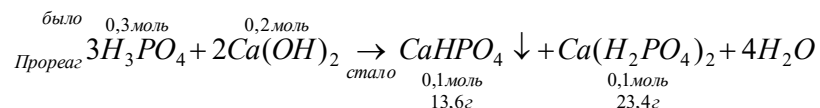
#### Решение:

$$\nu(P_2O_5) = \frac{21,3}{142} = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu(Ca(OH)_2) = \frac{14,8}{74} = 0,2 \text{ моль}$$



уравнение 1



уравнение 2

**Вещество А:**  $CaHPO_4$  гидроортофосфат кальция (можно: гидрофосфат кальция).

**Вещества Б:**  $(Ca(H_2PO_4)_2)$  дигидроортофосфат кальция (можно: дигидрофосфат кальция)

При прокаливании масса А уменьшилась на 6,62% и составило:

$$\Delta m = 13,6 \cdot 0,0662 = 0,9g$$

Прокаливание кислого фосфата сопровождается дегидратацией, значит, это масса выделившейся воды

$$\nu(H_2O) = \frac{0,9}{18} = 0,05 \text{ моль}$$

В 0,1 моль  $CaHPO_4$  исходно содержалось 0,1 моль атомов Н, 0,4 моль атомов О, по 0,1 моль атомов Са и Р. После прокаливании осталось 0 моль атомов Н (в 0,05 моль  $H_2O$  находится 0,1 моль Н) и 0,035 моль атомов О, количество атомов фосфора и кальция не изменилось.

$$\nu(Ca) : \nu(P) : \nu(O) : \nu(H) = 0,1 : 0,1 : 0,35 : 0,05 = 2 : 2 : 7 : 0 \Rightarrow Ca_2P_2O_7$$

**Вещество В:**  $Ca_2P_2O_7$  дифосфат кальция.



уравнение 3

$$\omega(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)) = \frac{m(\text{соли})}{m(p - \text{ра})} = \frac{23,4}{200 + 21,3 + 14,8 - 13,6} = 0,1052 \text{ или } 10,52 \%$$

<b>Система оценивания:</b>		
1)	За определение вещества А и Б по 1 баллу	2 балла
2)	За определение вещества В	2 балла
3)	За уравнения реакций 1)	0,5 балла
4)	За уравнения реакция 2) и 3) по 1 баллу	2 балла
5)	За названия веществ А, Б, В по 0,5 балла	1,5 балла
6)	За расчет массовой доли соли Б в растворе	2 балла
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>



## 9 класс

### Вариант 2

#### Задача 1

Элемент X образует газообразные оксиды А и Б, эквимолярная смесь которых содержит одинаковое количество (в моль) атомов X и атомов кислорода. Общее количество атомов в смеси больше общего количества молекул в 3 раза.

Известно так же, что относительная плотность А по Б составляет 1,045.

Оба вещества А и Б при 500<sup>0</sup>С взаимодействуют с медью. При этом в обеих реакциях образуется простое вещество и в случае с А – вещество черного цвета В, а в случае с Б – красного цвета Г.

#### Задание:

- 1) Определите элемент X и формулы веществ А, Б, В и Г. Свои предположения докажете расчетами.
- 2) Определите, к какому типу оксидов относятся вещества А и Б. Возможно ли их взаимодействие со щелочами? Если возможно, напишите уравнения реакций.
- 3) Напишите уравнения взаимодействия веществ А и Б с медью.

#### Решение:

Пусть количество каждого из веществ А и Б равно 1 моль, тогда в смеси 2 моль молекул этих веществ.

Вещества А и Б состоят из атомов элемента X и кислорода.

$\nu_{ам}(X) = \nu_{ам}(O)$ , если  $\nu_{общ}(ат)$  в 3 раза больше количества молекул, значит,  $\nu_{общ}(ат) = 6$  моль

Перебирая варианты, получаем два варианта состава оксидов:  $X_2O$  и  $XO_2$ .

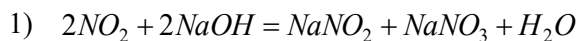
Предполагаем, что А – это  $XO_2$ , а Б –  $X_2O$ .

Тогда, 
$$\frac{M(XO_2) = M(X) + 32}{M(X_2O) = 2M(X) + 16} = 1,045 \quad \text{откуда } M(X) = 14 \Rightarrow N$$

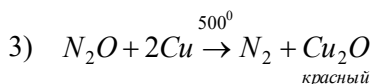
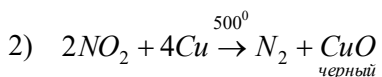
Если предположить, что А – это  $X_2O$ , а Б – это  $XO_2$ , то при решении уравнения  $M(X) = 18,26 \frac{г}{\text{моль}}$ , это похоже на фтор, но фтор не образует соединения состава  $XO_2$ . И кислородсодержащие соединения фтора не являются оксидами.

Итак, А – это  $NO_2$ , а Б –  $N_2O$ , оба оксида при н.у. газообразные.  $NO_2$  – кислотный,  $N_2O$  – несольобразующий. Поэтому со щелочами может реагировать только диоксид:

Уравнения взаимодействия веществ со щелочами:



Оба оксида при нагревании реагируют с медью:



#### Система оценивания:

1)	За определение элемента X	2 балла
2)	За определение молекулярных формул оксидов А и Б по 2 балла	4 балла
3)	За уравнение реакции 1), 2), 3) по 1 баллу	3 балла
4)	За формулы веществ В и Г по 0,5 балла	1 балл
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

## Задача 2

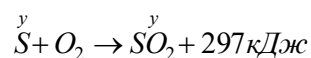
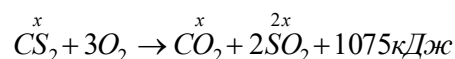
Раствор серы в сероуглероде массой 76,8 г сожгли в избытке кислорода. При этом выделилось 1008,5 кДж. Полученные продукты сгорания пропустили через 1 кг 20%-ного раствора гидроксида натрия.

### Задание:

- 1) Определите массовую долю серы в исходном растворе, если стандартная теплота сгорания серы составляет  $297 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , а сероуглерода –  $1075 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ .
- 2) Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

### Решение:

Пусть  $\nu(\text{CS}_2) = x$  моль;  $\nu(\text{S}) = y$  моль



$$\left. \begin{array}{l} 1075x + 297y = 1008,5 \\ 76x + 32y = 76,8 \end{array} \right\} \quad x = 0,8 \quad y = 0,5$$

$$m(\text{S}) = 32y = 16\text{г}$$

$$m(\text{CS}_2) = 76x = 60,8\text{г}$$

$$\omega(\text{S}) \text{ в исх.р} - \text{pe} = \frac{16}{16 + 60,8} = 0,208 \text{ или } 20,8\%$$

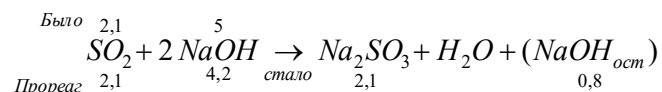
Продукты сгорания:

$$\nu(\text{SO}_2) = 0,8 \cdot 2 + 0,5 = 2,1 \text{ моль}$$

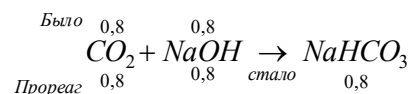
$$\nu(\text{CO}_2) = 0,8 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{0,2 \cdot 1000}{40} = 5 \text{ моль}$$

При недостатке щелочи первым с ней будет реагировать вещество, обладающее более кислотными свойствами. По кислотным свойствам сернистый газ превосходит углекислый. Поэтому, в первую очередь нейтрализуется именно он:



Количество оставшейся щелочи равно количеству углекислого газа. Значит, будет образовываться кислая соль:



$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 2,1 \cdot 126 = 264,6\text{г}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,8 \cdot 84 = 67,2\text{г}$$

$$m(\text{p} - \text{pa})_{\text{конеч}} = 1000 + m(\text{SO}_2) + m(\text{CO}_2) = 1000 + 2,1 \cdot 64 + 0,8 \cdot 44 = 1169,6\text{г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{264,6}{1169,6} = 0,226 \text{ или } 22,6\%$$

$$\omega(\text{NaHSO}_3) = \frac{67,2}{1169,6} = 0,0575 \text{ или } 5,75\%$$

Система оценивания:		
1)	За определение массовой доли серы в исходном растворе	5 баллов
2)	За определение массовых долей солей в конечном растворе	5 баллов
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

### Задача 3

Раствор хлоридов двух химически активных металлов подвергли электролизу. Масса раствора составляла 500 г, суммарная масса солей в нем 48,2 г. На момент окончания электролиза объем выделившегося на аноде газа составлял 8,96 л (н.у.). Известно, что массовая доля хлора в одном из хлоридов составляет 47,65%, во втором – 63,96%.

#### Задание:

- 1) Определите, какие металлы входили в состав солей.
- 2) Составьте уравнения процессов электролиза каждой из солей. Рассчитайте объем (н.у.) выделившегося на катоде газа.
- 3) Определите массовую долю гидроксид-ионов в растворе после электролиза в процентах, принимая во внимание, что диссоциация образующихся щелочей происходит полностью.
- 4) Рассчитайте время в часах, в течение которого проходил электролиз, если сила тока составляла 4А.

Постоянная Фарадея равна  $96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$ . Выход по току считать 100%.

#### Решение

Активные металлы могут быть одно-, двух- валентные и трехвалентный алюминий.

Пусть оба хлорида образованы одновалентными металлами. Тогда их формулы можно представить как АСl и ВСl, где А и В – катионы металлов.

$$\text{Пусть } \omega(\text{Cl}) = 47,65\% \text{ в АСl, тогда } M(\text{АСl}) = \frac{35,5}{0,4765} = 74,5 \text{ моль / л}$$

$$M(\text{А}) = 74,5 - 35,5 = 39 \Rightarrow \text{А – это К}$$

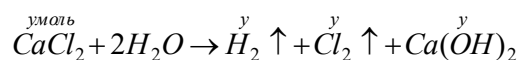
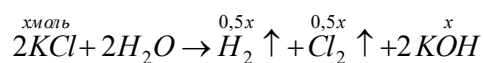
$$\omega(\text{Cl}) = 63,96\% \text{ в ВСl, тогда } M(\text{ВСl}) = \frac{35,5}{0,6396} = 55,5 \text{ моль / л}$$

$$M(\text{В}) = 55,5 - 35,5 = 20 \text{ - металлов с такой молярной массой нет}$$

Тогда рассматриваем вариант, что В – двухвалентный металл, тогда его хлорид имеет формулу  $\text{BCl}_2$ .

$$M(\text{BCl}_2) = \frac{71}{0,6396} = 111 \text{ моль / л}; \quad M(\text{В}) = 111 - 71 = 40 \Rightarrow \text{В – это Са}$$

Итак, в состав раствора входят  $x$  моль  $\text{KCl}$  и  $y$  моль  $\text{CaCl}_2$ .



$$v_{\text{общ}}(Cl_2) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,5x + y = 0,4 \\ 74,5x + 111y = 48,2 \end{array} \right\} \quad x = 0,2; \quad y = 0,3$$

По УХР видно, что  $V(H_2) = V(Cl_2) = 8,96 \text{ л}$

$$v_{\text{общ}}(OH^-) = x + y = 0,4 \text{ моль}$$

$$m_{\text{общ}}(OH^-) = 0,4 \cdot 17 = 6,8 \text{ г}$$

$$m(p - ra) \text{ после эл-за} = 500 - m(H_2) - m(Cl_2) = 500 - 0,4 \cdot 2 - 0,4 \cdot 71 = 470,8 \text{ г}$$

$$\omega(OH^-) = \frac{6,8}{470,8} = 0,0144 \text{ или } 1,44\%$$

Время, затраченное на электролиз, посчитаем по хлору:

$$\tau = \frac{v \cdot n(e^-) \cdot F}{I} = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 96500}{4} = 19300 \text{ с} \quad \text{или } 5,36 \text{ ч или } 22 \text{ мин}$$

<b>Система оценивания:</b>		
1)	За определение металлов, входящих в состав солей по 1,5 балла	3 балла
2)	За составление уравнений реакций электролиза по 1 баллу	2 балла
3)	За определение процентного содержания гидроксид-ионов	2 балла
4)	За определения объема газа на катоде	1 балл
5)	За расчет времени протекания электролиза	2 балла
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

#### Задача 4

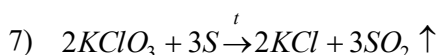
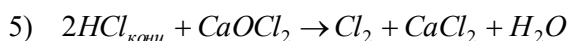
Допишите левую часть уравнений. Расставьте коэффициенты. Укажите, если реакция проходит лишь в условиях, отличных от обычных.

Во всех реакциях участвует только два реагента.

- 1) ... + ... + ...  $\rightarrow Na_2CrO_4 + CO_2 \uparrow$
- 2) ... + ...  $\rightarrow FeCl_2$
- 3) ... + ...  $\rightarrow N_2 + NH_4Cl$
- 4) ... + ...  $\rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + KHCO_3$
- 5) ... + ...  $\rightarrow Cl_2 + CaCl_2 + H_2O$
- 6) ... + ...  $\rightarrow CaSO_4 \downarrow + CO_2 \uparrow + (NH_4)_2SO_4 + H_2O$
- 7) ... + ...  $\rightarrow KCl + SO_2 \uparrow$

**Решение:**

- 1)  $2Cr + 3O_2 + 2Na_2CO_3 \xrightarrow{t} 2Na_2CrO_4 + 2CO_2 \uparrow$
- 2)  $Fe + 2FeCl_3 \rightarrow 3FeCl_2$
- 3)  $8NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow N_2 + 6NH_4Cl$
- 4)  $K[Al(OH)_4] + CO_2 \xrightarrow{\text{изб}} Al(OH)_3 \downarrow + KHCO_3$



Система оценивания:		
1)	За уравнения 1)-4) по 1 баллу	4 балла
2)	За уравнения 5)-7) по 2 балла	6 баллов
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>

### Задача 5

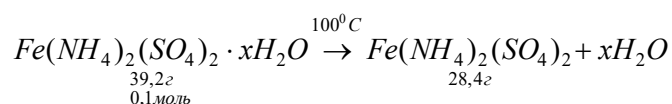
Соединение А представляет собой кристаллогидрат соли бледно-зеленого цвета, хорошо растворимый в воде. При взаимодействии кристаллического А со щелочью выделяется газ, окрашивающий влажную красную лакмусовую бумажку в синий цвет (реакция 1). При добавлении к раствору А небольшого количества щелочи выделения газа не происходит, но выпадает осадок серо-зеленого цвета (реакция 2), который не растворяется в избытке щелочи, но легко растворяется в соляной кислоте (реакция 3). Если к бесцветному раствору, образовавшемуся в реакции 3, добавить пероксид водорода, то у него появляется желто-коричневая окраска (реакция 4).

#### Задание:

- Установите состав кристаллогидрата А, если при длительном нагревании его порции массой 39,2 г при температуре 100°C масса кристаллов уменьшилась на 27,55% и осталась постоянной, а при взаимодействии раствора, содержащего такую же массу А, с избытком раствора хлорида бария, выпал белый кристаллический осадок массой 46,6 г (реакция 5).
  - Напишите уравнения реакций 1) – 5)
  - Ответьте на вопросы:
    - а) почему серо-зеленый осадок не растворяется в избытке щелочи?
    - б) какое тривиальное название имеет кристаллогидрат А и где это вещество применяется?
    - в) что произойдет с серо-зеленым осадком, находящимся в избытке щелочи, если через эту смесь пропустить газообразный хлор? Напишите уравнение реакции (реакция 6) и отметьте качественные признаки её протекания.
- Считать, что все реакции проводили в бескислородной атмосфере.

#### Решение:

Реакция А говорит о том, что в состав кристаллогидрата входит катион аммония, реакция 2 – что катион железа (II). Следовательно, кристаллогидрат представляет из себя двойную соль. Выпадение белого кристаллического осадка при взаимодействии с хлоридом бария указывает на то, что эта соль – сульфат, двойной сульфат аммония-железа (II) или **соль Мора (ответ на вопрос б).**



$$v(A) \text{ после прокаливания} = 39,2(1 - 0,2755) = 28,4г$$

$$v(H_2O) = \frac{39,2 - 28,4}{18} = 0,6моль$$



## Задача 6

К водному раствору гидроксида калия массой 300 г с массовой долей щелочи 5,6% добавили фосфорный ангидрид  $P_2O_5$  массой 14,2 г. Получили раствор 1.

К раствору 1 добавили кристаллический хлорид кальция в избыточном количестве. В осадок выпало белое вещество А.

Осадок А аккуратно отделили от раствора и прокалили при температуре  $900^{\circ}C$  до постоянной массы. При этом образовалось новое вещество Б, масса которого была меньше, чем у вещества А, на 0,9 г.

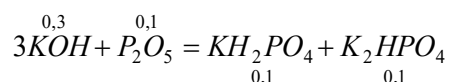
### Задание:

- 1) Определите, какие вещества и с какой массовой долей находятся в растворе 1.
- 2) Напишите уравнения всех перечисленных химических реакций.
- 3) Определите формулы веществ А и Б. Свои доводы подтвердите расчетами.

### Решение:

$$\nu(KOH) = \frac{m(p - pa) \cdot \omega(KOH)}{M(KOH)} = \frac{300 \cdot 0,056}{56} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(P_2O_5) = \frac{m}{M} = \frac{14,2}{142} = 0,1 \text{ моль}$$



уравнение 1

**В растворе 1 находятся 0,1 моль  $KH_2PO_4$  (дигидрофосфат калия) и 0,1 моль  $K_2HPO_4$  (гидрофосфат калия).**

$$m(KH_2PO_4) = 0,1 \cdot 136 = 13,6 \text{ г}$$

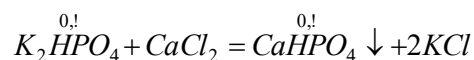
$$m(K_2HPO_4) = 0,1 \cdot 174 = 17,4 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора 1}) = 300 + 14,2 = 314,2 \text{ г}$$

$$\omega(KH_2PO_4) = \frac{13,6}{314,2} = 0,0433 \text{ или } 4,33\%$$

$$\omega(K_2HPO_4) = \frac{17,4}{314,2} = 0,0554 \text{ или } 5,54\%$$

При добавлении растворимой соли кальция в осадок выпадет гидрофосфат кальция:



уравнение 2

Прокаливание кислого фосфата сопровождается дегидратацией, значит 0,9 г - это масса выделившейся воды

$$\nu(H_2O) = \frac{0,9}{18} = 0,05 \text{ моль}$$

В 0,1 моль  $CaHPO_4$  исходно содержалось 0,1 моль атомов Н, 0,4 моль атомов О, по 0,1 моль атомов Са и Р. После прокаливании осталось 0 моль атомов Н (в 0,05 моль  $H_2O$  находится 0,1 моль Н) и 0,035 моль атомов О, количество атомов фосфора и кальция не изменилось.

$$\nu(Ca) : \nu(P) : \nu(O) : \nu(H) = 0,1 : 0,1 : 0,35 : 0,05 = 2 : 2 : 7 : 0 \Rightarrow Ca_2P_2O_7$$

**Вещество В:**  $Ca_2P_2O_7$  дифосфат (пирофосфат) кальция.



уравнение 3

<b>Система оценивания:</b>		
1)	За уравнение 1)	2 балла
2)	За уравнения 2), 3) по 1 баллу	2 балла
3)	За определение количественного состава раствора 1	2 балла
4)	За определение вещества А	1 балл
5)	За определение вещества Б	2 балла
6)	За названия веществ	1 балл
<b>Итого:</b>		<b>10 баллов</b>