

## Решение теоретического тура ОХО-2000 для 9 класса.

### №9-1-2000 обл. Решение

$m(\text{олеума})=9,18\text{г}$ ,  $m(\text{H}_2\text{O})=90,82\text{г}$ .

Уравнение реакции:  $\text{SO}_3+\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ .

В полученном растворе вся кислота- из олеума. Всего в нем находится  $100 \cdot 0,0098=9,8\text{ г}$  или  $0,1$  моль или  $8,0\text{г SO}_3 \Rightarrow$  общее количество  $\text{SO}_3$  в исходном олеуме было  $8\text{г}$ .  $100\text{ г}$   $30\%$  олеуме содержат  $30\text{г}$  свободного  $\text{SO}_3$  и  $(100-30) \cdot 80/98=57,14\text{г}$  химически связанного  $\text{SO}_3$  в составе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ - всего  $87,14$ . Пусть  $8,0\text{г}$  серного ангидрида содержатся в  $X\text{ г}$  олеума

$100\text{г олеума}-87,14\text{г}$

$X\text{г} -8,0\text{г}$

Отсюда  $X=100 \cdot 8,0/87,14=9,18\text{г}$  ( $m(\text{олеума})=9,18\text{г}$ )

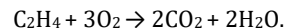
$m(\text{H}_2\text{O})=100-9,18=90,82\text{г}$ .

### №9-2-2000 обл. Решение

1. Молекулярная масса газа  $14 \cdot 2=28$ . Такую молекулярную массу имеют азот, оксид углерода(II)  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Азот не подходит, так как он не вспыхивает в кислороде. Выбор газа делаем на основе результата реакции со щелочью. В  $25\text{г}$   $8\%$ -ного едкого натра содержится  $2\text{г NaOH}$ , или  $0,05$  моля.  $0,56\text{ л}$  газа составляет  $0,025$  моля. Если это  $\text{CO}$ , то щелочь оказывается в избытке. Прибавка массы раствора щелочи составляет  $28,1-25=3,1\text{г}$

Это больше, чем масса  $0,025$  моля углекислого газа ( $1,1\text{г}$ ).

Следовательно, газ  $X$ - этилен  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Реакция горения



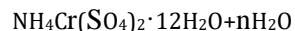
2. Из  $0,025$  моля этилена получается  $0,05$  моля  $\text{CO}_2$ , следовательно, из  $0,05$  моля щелочи получилась кислая соль



Общая прибавка массы произошла за счет углекислого газа и воды. Массовая доля гидрокарбоната натрия :  $0,05$  моля, или  $4,2\text{г}$  соли в  $28,1\text{г}$  раствора или  $15,0\%$   $\text{NaHCO}_3$

### №9-3-2000 обл. Решение

Возьмем  $100\text{г}$  раствора. В  $100\text{г}$  раствора содержится  $X\text{г}$  квасцов и  $Y\text{г}$  воды. Состав системы:



Молярные массы:  $M(\text{квасцов})=477\text{г/моль}$ ,  $M(\text{H}_2\text{O})=18\text{ г/моль}$ .

Найдем количество вещества атомов водорода:

$$v(\text{H})=(4+12 \cdot 2) \cdot v(\text{квасцов})+2 \cdot v(\text{H}_2\text{O})=X/477 \cdot 28+Y/18 \cdot 2=0,0587X+0,111Y.$$

Масса водорода:  $m(\text{H})=(0,0587X+0,111Y) \cdot 1$ . Массовая доля водорода:  $w(\text{H})=m(\text{H})$ ,

$$m(\text{р-ра})=0,0587X+0,111Y/100.$$

Составим систему уравнений

$$(0,0587X+0,111Y)/100=0,1006,$$

$$X+Y=100$$

Решаем систему, находим  $X=20,04$  квасцов. Масса хрома:  $m(\text{Cr})=20,04/477 \cdot 52=2,18\text{г}$ .

Так как масса раствора квасцов равна  $100\text{г}$ , эта масса ионов хрома отвечает массовой доле:

$$w(\text{Cr})=2,18\%$$

### №9-4-2000 обл. Решение

Простым газообразным веществом А может быть водород, азот, кислород, фтор, хлор. Производным от него сложным газообразным веществом Б может быть  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ .

Найдем соотношение молярных масс веществ А и Б:

## Решение теоретического тура ОХО-2000 для 9 класса.

$$M(H_2):M(CH_4)=2:16=1:8,$$

$$M(H_2):M(HF)=2:20=1:10;$$

$$M(H_2):M(HBr) = 2:81=1:40,5;$$

$$M(H_2):M(H_2S)= 2:34=1:17;$$

$$M(N_2):M(NO)=28:30=1:1,07;$$

$$M(Cl_2):M(HCl) = 71:36,5=1:0,514;$$

$$M(O_2):M(CO_2)=32:44=1:1,375;$$

$$M(H_2):M(NH_3)=2:17=1:8,5;$$

$$M(H_2):M(HCl)=2:36,5=1:18,25;$$

$$M(H_2):M(HI)=2:128=1:64;$$

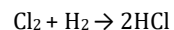
$$M(N_2):M(NH_3)=28:17=1:0,61;$$

$$M(F_2):M(HF)=38:20=1:0,526;$$

$$M(O_2):M(NO)=32:30=1:0,937;$$

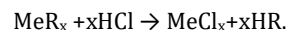
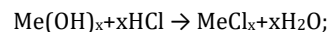
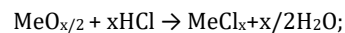
$$M(O_2):M(SO_2)=32:64=1:2.$$

Из отношения молярных масс следует, что вещество А- хлор, вещество Б-НCl



Найдем молярные массы веществ В и Г. Из условия задачи  $M(Cl_2) : M(B)=1:2,93$  или  $71:M(B)=1:2,93$ . Отсюда  $M(B)=(71 \cdot 2,93)/1=208(\text{г/моль})$

Взаимодействовать с HCl могут металлы, оксиды, гидроксиды, соли:



При этом образуется хлориды. Учитывая молекулярную массу хлорида, вычислим молярную массу металла при x, равном 1,2,3,4:

$$x=1, M(Me)=208\text{г/моль}-35,5\text{г/моль}=172,5\text{г/моль}.$$

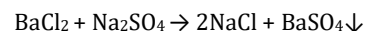
$$x=2, M(Me)=208\text{г/моль}-71\text{г/моль}=137\text{г/моль};$$

$$x=3, M(Me)=208\text{г/моль}-106,5\text{г/моль}=101,5\text{г/моль};$$

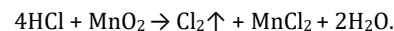
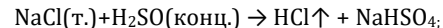
$$x=4, M(Me)+208\text{г/моль}-142\text{г/моль}=66\text{г/моль}.$$

Молярная масса 137г/моль соответствует металлу барию. Металлов с остальными молярными массами нет. Вещество В- хлорид бария.

В состав вещества Г тоже должны входить атомы хлорида. Учитывая, что  $M(Cl_2):M(\Gamma)=1:0,824$  или  $71:M(\Gamma)=1:0,824$ ,  $M(\Gamma)=58,5$  г/моль;  $M(Me)=58,5\text{г/моль}-35,5\text{г/моль}=23\text{г/моль}$ , что соответствует молярной массе натрия. Вещество Г- NaCl.



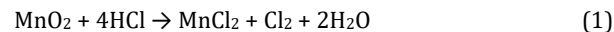
Превращения  $\Gamma \rightarrow B$  и  $B \rightarrow A$  можно осуществить с помощью следующих реакций:



### №9-5-2000 обл. Решение

На основании реакции взаимодействия вещества А с кислотой и электролиза раствора вещества В можно предположить, что вещество А -  $MnO_2$  ( черного цвета), кислота HCl .

Напишем соответствующие уравнения реакций:



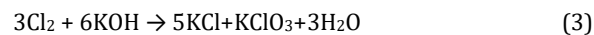
Электролиз



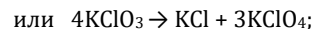
на катоде    на аноде    (2)

При пропускании хлорачерез горячий раствор щелочи идет реакция:

## Решение теоретического тура ОХО-2000 для 9 класса.



Хлорат калия плохо растворим и выпадает в осадок. Если бертолетову соль нагреть, она разлагается с выделением кислорода:



Выделившийся кислород может взаимодействовать с марганцем:



Следовательно, искомыми веществами А, Б, В, Г, Д, Е, являются соответственно  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{O}_2$ .

Вычислим навеску хлората калия. Масса раствора соляной кислоты, вступившей в реакцию, равна:  $57 \text{ мл} \cdot 1,14 \text{ г/мл} = 64,98 \text{ г}$ . В нем содержится  $\text{HCl}$  массой  $18,97 \text{ г}$  ( $64,9829,2:100$ ) или количеством  $0,52 \text{ моль}$  ( $18,97 \text{ г}:36,5 \text{ г/моль}$ , где  $36,5 \text{ г/моль}$  - молярная масса  $\text{HCl}$ ). Согласно уравнению (1)

из  $\text{HCl}$  количеством  $4 \text{ моль}$  образуется  $\text{Cl}_2$  количеством  $1 \text{ моль}$

из  $\text{HCl}$  количеством  $0,52 \text{ моль}$  образуется  $\text{Cl}_2$  количеством  $x \text{ моль}$

$$x = 0,13 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции (3) вычислим массу  $\text{KClO}_3$ :

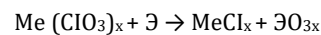
из  $\text{Cl}_2$  количеством  $3 \text{ моль}$  образуется  $\text{KClO}_3$  количеством  $1 \text{ моль}$

из  $\text{Cl}_2$  количеством  $0,13 \text{ моль}$  образуется  $\text{KClO}_3$  количеством  $y \text{ моль}$

$y = 0,043 \text{ моль}$  или  $5,3 \text{ г}$  ( $0,043 \text{ моль} \cdot 122,5 \text{ г/моль}$ , где  $122,5 \text{ г/моль}$  - молярная масса  $\text{KClO}_3$ ).

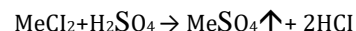
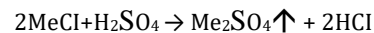
### №9-6-2000 обл. Решение

Запишем суммарное уравнение реакций, протекающих при прокаливании хлората с неизвестным металлом:



Масса  $\text{MeCl}_x$  равна:  $10,56 \text{ г} - 6,4 = 4,16 \text{ г}$ .

При взаимодействии серной кислоты с хлоридом металла согласно схемам:



независимо от того, одно- или двухвалентный металл входил в состав хлорида, разность в молярных массах хлорида и его сульфата равна разности молярных масс кислотных остатков  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $2\text{Cl}^-$ :  $96 \text{ г} - 71 \text{ г} = 25 \text{ г}$ .

В нашем случае разность масс кислотных остатков:  $4,66 \text{ г} - 4,16 \text{ г} = 0,5 \text{ г}$ . Составим соотношение:

$\text{Me}_x \text{SO}_4$  количеством  $1 \text{ моль}$  дает разность  $25 \text{ г}$ .

$\text{Me}_x \text{SO}_4$  количеством  $a \text{ моль}$  дает разность  $0,5 \text{ г}$ .

$$a = 0,02 \text{ моль } \text{Me}_x \text{SO}_4$$

Вычислим молярную массу сульфата неизвестного металла:

$0,02 \text{ моль } \text{Me}_x \text{SO}_4$  имеет массу  $4,66 \text{ г}$

$1 \text{ моль } \text{Me}_x \text{SO}_4$  имеет массу  $b \text{ г}$

$$b = 233 \text{ г}; M(\text{Me}_x \text{SO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

Молярная масса металла равна  $68,5 \text{ г/моль}$  [ $(233 \text{ г/моль} - 96 \text{ г/моль}):2$ ], если металл одновалентный, и  $137 \text{ г/моль}$  ( $233 \text{ г/моль} - 96 \text{ г/моль}$ ), если металл двухвалентный. Искомым металлом является барий, так как металла с  $\text{Ar} = 68,5$  нет.

В  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$  количеством  $0,02 \text{ моль} \cdot 6 = 0,12 \text{ моль}$  или  $1,92 \text{ г}$  ( $16 \text{ г/моль} \cdot 0,12 \text{ моль}$ , где  $16 \text{ г/моль}$  - молярная масса атомарного кислорода), который расходовался на образование оксида второго металла. Масса второго металла равна:  $6,4 \text{ г} - 1,92 \text{ г} = 4,48 \text{ г}$ .

Методом подбора с учетом валентности металла найдем его относительную атомную массу ( $\text{Ar}$ ). Если металл одновалентный, его оксид  $\text{Э}_2\text{O}$ . В оксиде  $\text{Э}_2\text{O}$ :

на  $\text{Э}$  массой  $4,48 \text{ г}$  приходится кислород массой  $1,92 \text{ г}$

## Решение теоретического тура ОХО-2000 для 9 класса.

на Э массой  $x$  г приходится кислород массой 16г.

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot R \cdot T / P = 2,04 \cdot 8,314 \cdot 293,15 / 101325 = 0,049 \text{ м}^3 = 49 \text{ л};$$

$$x = 4,48 \cdot 16 / 1,92 = 37,33(\text{г}); A_r = 37,33 : 2 = 18,67.$$

$$V(\text{O}_2) = (1/2)V(\text{H}_2); 0,0245 \text{ м}^3 = 24,5 \text{ л}$$

Для оксида ЭО :  $A_r(\text{Э}) = 37,33$ ;

$\text{Э}_2\text{O}_3$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 3 : 2 = 56$ ;

$\text{ЭO}_2$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 2 = 74,66$ ;

$\text{Э}_2\text{O}_5$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 5 : 2 = 93,33$ ;

$\text{ЭO}_3$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 3 = 112$ ;

$\text{Э}_2\text{O}_7$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 7 : 2 = 130,66$ ;

$\text{ЭO}_4$ :  $A_r(\text{Э}) = 37,33 \cdot 4 = 149,32$ .

Сравнивая вычисленные  $A_r$  металлов с табличными, приходим к выводу, что искомым металлом может быть железо ( $A_r = 56$ ) или ниобий ( $A_r = 93$ ).

### №9-7-2000 обл. Решение:

При электролизе разлагается только вода, т.е. количество сульфата калия в растворе не меняется.

Масса воды в растворе:

а) до электролиза  $m(\text{H}_2\text{O}) = 150\text{г}$ ;

б) после электролиза  $m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра}} - m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 20/0,15 - 20 = 113,3\text{г}$ ,

Масса воды, разложившейся при электролизе:

$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 - 113,3 = 36,7\text{г}$ , т.е.  $n_{\text{H}_2\text{O}} = 2,04$  моль.

Так как  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ;  $n(\text{H}_2) = 2,04$  моль;  $n(\text{O}_2) = 1,02$  моль;