

## II. Решение заданий отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии (5-9 классы)

### Задача 1 (6 баллов)

1.1. Бинарное соединение –  $\text{HN}_3$  (азид водорода).

Число электронов:  $1 + 3 \cdot 7 = 22$ , в молекуле  $10 / 2 = 5$  химических связей.

Структурная формула:  $\text{H}-\text{N}=\text{N}=\text{N}$  или  $\text{H}-\text{N}-\text{N}\equiv\text{N}$

1.2. Бинарное соединение –  $\text{N}_2\text{H}_4$  (гидразин).

Число электронов:  $2 \cdot 7 + 4 = 18$ , в молекуле  $10 / 2 = 5$  химических связей.

Структурная формула:  $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$

1.3. Бинарное соединение –  $\text{C}_2\text{H}_4$  (этилен).

Число электронов:  $2 \cdot 6 + 4 = 16$ , в молекуле  $12 / 2 = 6$  химических связей (если считать, что двойная связь – это две связи).

Структурная формула:  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$

1.4. Бинарное соединение –  $\text{C}_2\text{N}_2$ .

Число электронов:  $2 \cdot 6 + 2 \cdot 7 = 26$ , в молекуле  $14 / 2 = 7$  химических связей (если считать, что тройная связь – это три связи).

Структурная формула:  $\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$

### Задача 2 (12 баллов)

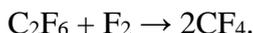
2.1. Система уравнений для молярных масс газов:

$$\begin{cases} \frac{M(X_1) + 4M(X_2)}{5} = 4 \cdot 32 \\ \frac{4M(X_1) + M(X_2)}{5} = 3.5 \cdot 28 \end{cases}$$

Отсюда находим  $M(X_1) = 88$  г/моль,  $M(X_2) = 138$  г/моль.

Этим массам соответствуют газы  $\text{X}_1 - \text{CF}_4$ ,  $\text{X}_2 - \text{C}_2\text{F}_6$ .

Уравнение реакции получения более легкого газа из более тяжелого:



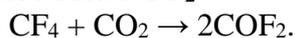
2.2. Система уравнений для молярных масс газов:

$$\begin{cases} \frac{M(X_1) + 4M(X_2)}{5} = 6 \cdot 28 \\ \frac{4M(X_1) + M(X_2)}{5} = 6 \cdot 18 \end{cases}$$

Отсюда находим  $M(X_1) = 88$  г/моль,  $M(X_2) = 188$  г/моль.

Этим массам соответствуют газы  $\text{X}_1 - \text{CF}_4$ ,  $\text{X}_2 - \text{C}_3\text{F}_8$ .

Уравнение реакции более легкого газа с  $\text{CO}_2$ :



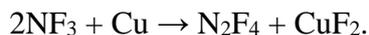
2.3. Система уравнений для молярных масс газов:

$$\begin{cases} \frac{M(X_1) + 3M(X_2)}{4} = 3.3 \cdot 29 \\ \frac{3M(X_1) + M(X_2)}{4} = 1.8 \cdot 44 \end{cases}$$

Отсюда находим  $M(X_1) = 71$  г/моль,  $M(X_2) = 104$  г/моль.

Этим массам соответствуют газы  $\text{X}_1 - \text{NF}_3$ ,  $\text{X}_2 - \text{N}_2\text{F}_4$ .

Уравнение реакции получения более тяжелого из газов:



Принималось также любое разумное уравнение.

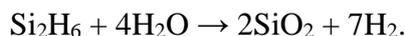
2.4. Система уравнений для молярных масс газов:

$$\begin{cases} \frac{M(X_1) + 4M(X_2)}{5} = 2 \cdot 28 \\ \frac{4M(X_1) + M(X_2)}{5} = 38 \end{cases}$$

Отсюда находим  $M(X_1) = 32$  г/моль,  $M(X_2) = 62$  г/моль.

Этим массам соответствуют газы  $X_1 - SiH_4$ ,  $X_2 - Si_2H_6$ .

Уравнение реакции:



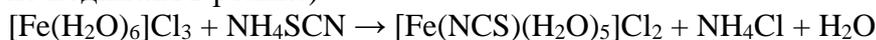
Принималось также уравнение с  $H_2SiO_3$  в правой части.

### Задача 3 (12 баллов)

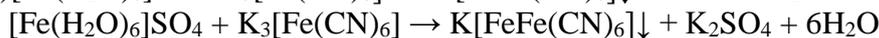
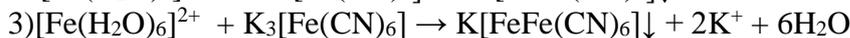
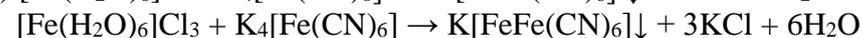
3.1. Уравнения реакций:



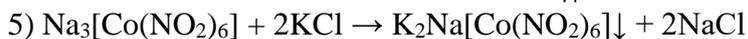
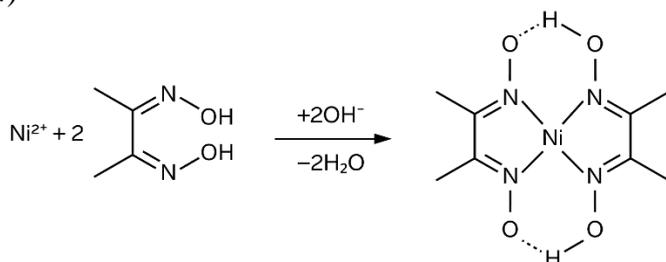
(согласно подписям в ролике)



(допускается форма с заменой всех молекул воды на ионы  $SCN^- - (NH_4)_3[Fe(NCS)_6]$ )

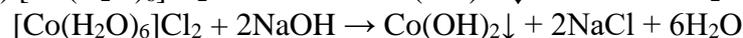


4)



Принимались уравнения реакций без гидратных комплексов. Оценивались 4 лучшие реакции из пяти.

3.2. Уравнения реакций:

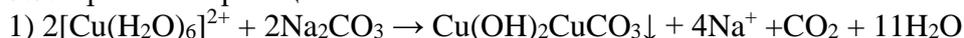


или  $Co(OH)Cl + NaOH \rightarrow Co(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$  (розовый осадок)



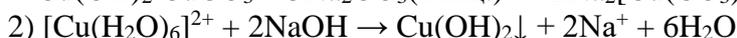
Принимались уравнения реакций без гидратных комплексов.

3.3. Уравнения реакций:

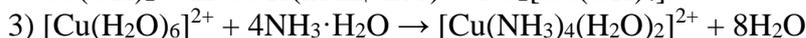


(согласно подписям в ролике)

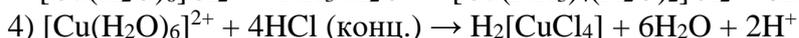
или  $[Cu(H_2O)_6]Cl_2 + 2Na_2CO_3 \rightarrow Cu(OH)_2CuCO_3 \downarrow + 4NaCl + CO_2 + 11H_2O$



или  $[Cu(H_2O)_6]Cl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2 + 2NaCl + 6H_2O$



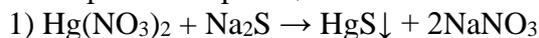
или  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$



или  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2 + 2\text{HCl} (\text{конц.}) \rightarrow \text{H}_2[\text{CuCl}_4] + 6\text{H}_2\text{O}$

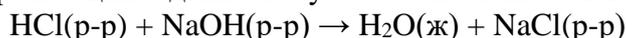
Принимались уравнения реакций без гидратных комплексов.

### 3.4. Уравнения реакций:



## Задача 4 (14 баллов)

4.1. Реакцию нейтрализации в данном случае можно записать в виде:

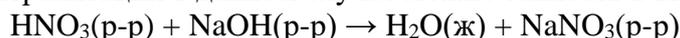


Теплота образования вещества в растворе равна теплоте образования чистого вещества плюс теплота его растворения. Поэтому

$$\begin{aligned} Q_{\text{реакции}} &= Q_{\text{обр}}(\text{NaCl}(\text{p-p})) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_{\text{обр}}(\text{NaOH}(\text{p-p})) - Q_{\text{обр}}(\text{HCl}(\text{p-p})) = \\ &= (411.1 - 3.9) + 285.8 - (425.6 + 44.5) - (92.3 + 74.8) = 55.8 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Ответ: 55.8 кДж/моль.

4.2. Реакцию нейтрализации в данном случае можно записать в виде:

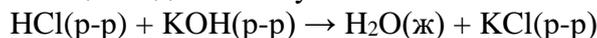


Теплота образования вещества в растворе равна теплоте образования чистого вещества плюс теплота его растворения. Поэтому

$$\begin{aligned} Q_{\text{реакции}} &= Q_{\text{обр}}(\text{NaNO}_3(\text{p-p})) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_{\text{обр}}(\text{NaOH}(\text{p-p})) - Q_{\text{обр}}(\text{HNO}_3(\text{p-p})) = \\ &= (466.7 - 19.0) + 285.8 - (425.6 + 44.5) - (174.1 + 33.3) = 56.0 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Ответ: 56.0 кДж/моль.

4.3. Реакцию нейтрализации в данном случае можно записать в виде:



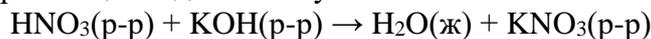
Теплота образования вещества в растворе равна теплоте образования чистого вещества плюс теплота его растворения. Поэтому

$$\begin{aligned} Q_{\text{реакции}} &= Q_{\text{обр}}(\text{KCl}(\text{p-p})) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_{\text{обр}}(\text{KOH}(\text{p-p})) - Q_{\text{обр}}(\text{HCl}(\text{p-p})) = \\ &= (435.9 + Q_{\text{раств}}(\text{KCl})) + 285.8 - (425.9 + 55.3) - (92.3 + 74.8) = 56.2 \text{ кДж/моль,} \\ &Q_{\text{раств}}(\text{KCl}) = -17.2 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

При растворении KCl в воде теплота поглощается.

Ответ: -17.2 кДж/моль.

4.4 Реакцию нейтрализации в данном случае можно записать в виде:



Теплота образования вещества в растворе равна теплоте образования чистого вещества плюс теплота его растворения. Поэтому

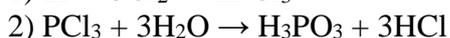
$$\begin{aligned} Q_{\text{реакции}} &= Q_{\text{обр}}(\text{KNO}_3(\text{p-p})) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_{\text{обр}}(\text{KOH}(\text{p-p})) - Q_{\text{обр}}(\text{HNO}_3(\text{p-p})) = \\ &= (492.7 + Q_{\text{раств}}(\text{KNO}_3)) + 285.8 - (425.9 + 55.3) - (174.1 + 33.3) = 55.6 \text{ кДж/моль,} \\ &Q_{\text{раств}}(\text{KNO}_3) = -34.3 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

При растворении KNO<sub>3</sub> в воде теплота поглощается.

Ответ: -34.3 кДж/моль.

## Задача 5 (18 баллов)

5.1. Приведем уравнения возможных реакций:



- 3)  $4\text{H}_3\text{PO}_3 \xrightarrow{t} 3\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3\uparrow$
- 4)  $2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}_3\text{P}_2 \rightarrow 2\text{PH}_3\uparrow + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- 5)  $\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 6)  $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$

**5.2.** Приведем уравнения возможных реакций:

- 1)  $\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SCl}_2$
- 2)  $2\text{SCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2\uparrow + 4\text{HCl}$
- 3)  $2\text{SO}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5 \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2\uparrow$
- 5)  $\text{SO}_2 + \text{BaO}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$
- 6)  $\text{BaSO}_4 + 4\text{H}_2 \xrightarrow{t} \text{BaS} + 4\text{H}_2\text{O}$

**5.3.** Приведем уравнения возможных реакций:

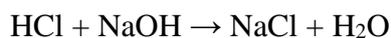
- 1)  $\text{Br}_2 + \text{BrF}_3 \rightarrow 3\text{BrF}$
- 2)  $3\text{BrF} + 6\text{KOH} \rightarrow 2\text{KBr} + \text{KBrO}_3 + 3\text{KF} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{KBrO}_3 + \text{XeF}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{KBrO}_4 + \text{Xe} + 2\text{KF} + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{KBrO}_4 + 8\text{HBr} \rightarrow \text{KBr} + 4\text{Br}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{Br}_2 + 2\text{NaI} \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{NaBr}$
- 6)  $\text{NaBr} + \text{H}_3\text{PO}_4 \xrightarrow{t} \text{HBr}\uparrow + \text{NaH}_2\text{PO}_4$

**5.4.** Приведем уравнения возможных реакций:

- 1)  $3\text{S} + 2\text{AgF} \xrightarrow{t} \text{S}_2\text{F}_2 + \text{Ag}_2\text{S}$
- 2)  $2\text{S}_2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 3\text{S} + 4\text{HF}$
- 3)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 5)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\uparrow$  (электролиз раствора)
- 6)  $5(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{MnSO}_4 + 16\text{KOH} \xrightarrow{\text{Ag}^+} 2\text{KMnO}_4 + 5(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 7\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$

## Задача 6 (18 баллов)

**6.1.** Уравнение реакции:



Пусть  $c(\text{HCl}) = c_1$ ,  $c(\text{NaOH}) = c_2$ .

1) В первом опыте образуется нейтральный раствор, следовательно,

$$v(\text{HCl}) = v(\text{NaOH}),$$

$$c_1V = c_2V,$$

$$c_1 = c_2.$$

2) Во втором опыте  $v(\text{HCl}) = 2c_1V$ ,  $v(\text{NaOH}) = c_1V$ . После реакции останется избыток  $v_{\text{изб}}(\text{HCl}) = c_1V$ ,  $V(\text{p-ра}) = 3V$ ,  $c(\text{HCl}) = c_1V / (3V) = c_1 / 3$ .

$\text{pH} = 1$  соответствует  $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ M}$ , поэтому  $c_1 / 3 = 0.1 \text{ M}$ ,  $c_1 = 0.3 \text{ M}$ .

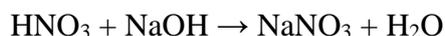
3) Если смешать  $V$  л  $0.3 \text{ M}$  раствора  $\text{HCl}$  и  $2V$  л  $0.3 \text{ M}$  раствора  $\text{NaOH}$ , то в полученном растворе останется избыток  $0.3V$  моль  $\text{NaOH}$ , а концентрация щелочи будет равна

$$c(\text{OH}^-) = 0.3V / (3V) = 0.1 \text{ M},$$

что соответствует  $\text{pH} = 13$ .

*Ответ:*  $0.3 \text{ M HCl}$ ,  $0.3 \text{ M NaOH}$ ;  $\text{pH} = 13$ .

**6.2.** Уравнение реакции:



Пусть  $c(\text{HNO}_3) = c_1$ ,  $c(\text{NaOH}) = c_2$ .

1) В первом опыте образуется нейтральный раствор, следовательно,

$$\begin{aligned}v(\text{HNO}_3) &= v(\text{NaOH}), \\c_1V &= c_2V, \\c_1 &= c_2.\end{aligned}$$

2) Во втором опыте  $v(\text{HNO}_3) = 3c_1V$ ,  $v(\text{NaOH}) = c_1V$ . После реакции останется избыток  $v_{\text{изб}}(\text{HNO}_3) = 2c_1V$ ,  $V(\text{p-ра}) = 4V$ ,  $c(\text{HNO}_3) = 2c_1V / (4V) = c_1 / 2$ .  
 $\text{pH} = 2$  соответствует  $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ М}$ , поэтому  $c_1 / 2 = 0.01$ ,  $c_1 = 0.02 \text{ М}$ .

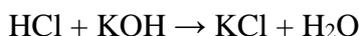
3) Если смешать  $V$  л  $0.02 \text{ М}$  раствора  $\text{HNO}_3$  и  $3V$  л  $0.02 \text{ М}$  раствора  $\text{NaOH}$ , то в полученном растворе останется избыток  $0.04V$  моль  $\text{NaOH}$ , а концентрация щелочи будет равна

$$c(\text{OH}^-) = 0.04V / (4V) = 0.01 \text{ М},$$

что соответствует  $\text{pH} = 12$ .

*Ответ:*  $0.02 \text{ М HNO}_3$ ,  $0.02 \text{ М NaOH}$ ;  $\text{pH} = 12$ .

**6.3. Уравнение реакции:**



Пусть  $c(\text{HCl}) = c_1$ ,  $c(\text{KOH}) = c_2$ .

1) В первом опыте образуется нейтральный раствор, следовательно,

$$\begin{aligned}v(\text{HCl}) &= v(\text{KOH}), \\c_1V &= c_2V, \\c_1 &= c_2.\end{aligned}$$

2) Во втором опыте:  $v(\text{HCl}) = c_1V$ ,  $v(\text{KOH}) = 5c_1V$ . После реакции останется избыток  $v_{\text{изб}}(\text{KOH}) = 4c_1V$ ,  $V(\text{p-ра}) = 6V$ ,  $c(\text{KOH}) = 4c_1V / (6V) = 2c_1 / 3$ .  
 $\text{pH} = 13$  соответствует  $c(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ М}$ , поэтому  $2c_1 / 3 = 0.1$ ,  $c_1 = 0.15 \text{ М}$ .

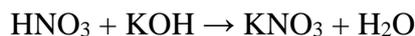
3) Если смешать  $5V$  л  $0.15 \text{ М}$  раствора  $\text{HCl}$  и  $V$  л  $0.15 \text{ М}$  раствора  $\text{KOH}$ , то в полученном растворе останется избыток  $0.6V$  моль  $\text{HCl}$ , а концентрация ионов водорода будет равна

$$c(\text{H}^+) = 0.6V / (6V) = 0.1 \text{ М},$$

что соответствует  $\text{pH} = 1$ .

*Ответ:*  $0.15 \text{ М HCl}$ ,  $0.15 \text{ М KOH}$ ;  $\text{pH} = 1$ .

**6.4. Уравнение реакции:**



Пусть  $c(\text{HNO}_3) = c_1$ ,  $c(\text{KOH}) = c_2$ .

1) В первом опыте образуется нейтральный раствор, следовательно,

$$\begin{aligned}v(\text{HNO}_3) &= v(\text{KOH}), \\c_1V &= c_2V, \\c_1 &= c_2.\end{aligned}$$

2) Во втором опыте:  $v(\text{HNO}_3) = c_1V$ ,  $v(\text{KOH}) = 2c_1V$ . После реакции останется избыток  $v_{\text{изб}}(\text{KOH}) = c_1V$ ,  $V(\text{p-ра}) = 3V$ ,  $c(\text{KOH}) = c_1V / (3V) = c_1 / 3$ .  
 $\text{pH} = 12$  соответствует  $C(\text{OH}^-) = 0.01 \text{ М}$ , поэтому  $C_1 / 3 = 0.01$ ,  $C_1 = 0.03 \text{ М}$ .

3) Если смешать  $2V$  л  $0.03 \text{ М}$  раствора  $\text{HNO}_3$  и  $V$  л  $0.03 \text{ М}$  раствора  $\text{KOH}$ , то в полученном растворе останется избыток  $0.03V$  моль  $\text{HNO}_3$ , а концентрация ионов водорода будет равна

$$C(\text{H}^+) = 0.03V / (3V) = 0.01 \text{ М},$$

что соответствует  $\text{pH} = 2$ .

*Ответ:*  $0.03 \text{ М HNO}_3$ ,  $0.03 \text{ М KOH}$ ;  $\text{pH} = 2$ .

### Задача 7 (20 баллов)

**7.1.** При нагревании в атмосфере кислорода образуется оксид, масса которого в  $3.55 / 2.24 = 1.585$  раза больше массы металла. Пусть формула оксида –  $\text{M}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2M(\text{M}) + 16n}{2M(\text{M})} = 1.585$$

$$M(M) = 13.7n.$$

При  $n = 4$   $M(M) = 54.8$  – это марганец, оксид –  $MnO_2$ .

При растворении **X** в концентрированной серной кислоте образуется смесь двух газов –  $SO_2$  и неизвестного газа **Y** – в объемном соотношении 1 : 5. Уравнение для молярной массы смеси газов:

$$\frac{1 \cdot 64 + 5M(Y)}{6} = 2 \cdot 17,$$

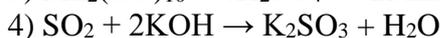
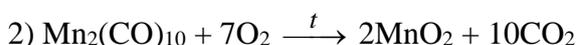
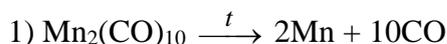
откуда  $M(Y) = 28$  г/моль. Нитриды металлов легко не разлагаются, поэтому газ **Y** –  $CO$ , тогда **X** – карбонил марганца,  $Mn(CO)_x$ . Условие для потери массы при разложении в инертной атмосфере:

$$\frac{55 + 28x}{55} = 3.55,$$

$$x = 5.$$

Карбонил  $Mn(CO)_5$  не существует (хотя такой ответ засчитывался как правильный), устойчивым является его димер,  $Mn_2(CO)_{10}$ .

Уравнения реакций:



Ответ: **X** –  $Mn_2(CO)_{10}$ .

**7.2.** При нагревании в атмосфере кислорода образуется оксид, масса которого в  $2.90 / 2.13 = 1.36$  раза больше массы металла. Пусть формула оксида –  $M_2O_n$ , тогда

$$\frac{2M(M) + 16n}{2M(M)} = 1.36$$

$$M(M) = 22.2n.$$

При целых  $n$  разумных значений молярной массы не получается. Пробуем смешанный оксид  $M_xO_y$ :

$$\frac{xM(M) + 16y}{xM(M)} = 1.36$$

$M(M) = 44.4(y/x)$ . При  $y/x = 4/3$  получаем  $M(M) = 59$  г/моль – кобальт, оксид –  $Co_3O_4$ .

При растворении **X** в концентрированной серной кислоте образуется смесь двух газов –  $SO_2$  и неизвестного газа **Y** – в объемном соотношении 1 : 4. Уравнение для молярной массы смеси газов:

$$\frac{1 \cdot 64 + 4M(Y)}{5} = 1.1 \cdot 32,$$

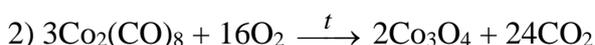
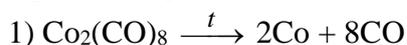
откуда  $M(Y) = 28$  г/моль. Нитриды металлов легко не разлагаются, поэтому газ **Y** –  $CO$ , тогда **X** – карбонил кобальта,  $Co(CO)_x$ . Условие для потери массы при разложении в инертной атмосфере:

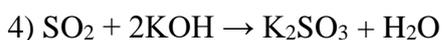
$$\frac{59 + 28x}{59} = 2.90,$$

$$x = 4.$$

Карбонил  $Co(CO)_4$  не существует (хотя такой ответ засчитывался как правильный), устойчивым является его димер,  $Co_2(CO)_8$ .

Уравнения реакций:





Ответ: **X** –  $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ .

**7.3.** При нагревании в атмосфере кислорода образуется оксид, масса которого в  $3.25 / 2.275 = 1.43$  раза больше массы металла. Пусть формула оксида –  $\text{M}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2M(\text{M}) + 16n}{2M(\text{M})} = 1.43$$

$$M(\text{M}) = 18.6n.$$

При  $n = 3$   $M(\text{M}) = 55.8$  – это железо, оксид –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

При растворении **X** в концентрированной серной кислоте образуется смесь двух газов –  $\text{SO}_2$  и неизвестного газа **Y** – в объемном соотношении 1 : 3. Уравнение для молярной массы смеси газов:

$$\frac{1 \cdot 64 + 3M(\text{Y})}{4} = 1.276 \cdot 29,$$

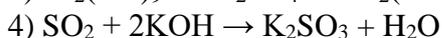
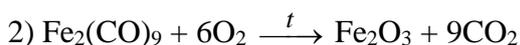
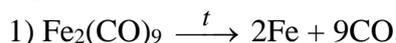
откуда  $M(\text{Y}) = 28$  г/моль. Нитриды металлов легко не разлагаются, поэтому газ **Y** –  $\text{CO}$ , тогда **X** – карбонил железа,  $\text{Fe}(\text{CO})_x$ . Условие для потери массы при разложении в инертной атмосфере:

$$\frac{55.8 + 28x}{55.8} = 3.25,$$

$$x = 4.5,$$

что соответствует  $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$ .

Уравнения реакций:



Ответ: **X** –  $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$ .

**7.4.** При нагревании в атмосфере кислорода образуется оксид, масса которого в  $4.23 / 2.895 = 1.46$  раза больше массы металла. Пусть формула оксида –  $\text{M}_2\text{O}_n$ , тогда

$$\frac{2M(\text{M}) + 16n}{2M(\text{M})} = 1.46$$

$$M(\text{M}) = 17.4n.$$

При  $n = 3$   $M(\text{M}) = 52$  – это хром, оксид –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

При растворении **X** в концентрированной серной кислоте образуется смесь двух газов –  $\text{SO}_2$  и неизвестного газа **Y** – в объемном соотношении 1 : 4. Уравнение для молярной массы смеси газов:

$$\frac{1 \cdot 64 + 4M(\text{Y})}{5} = 2.2 \cdot 16,$$

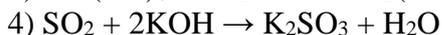
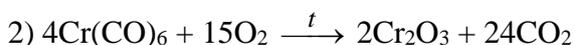
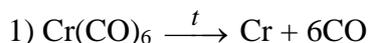
откуда  $M(\text{Y}) = 28$  г/моль. Нитриды металлов легко не разлагаются, поэтому газ **Y** –  $\text{CO}$ , тогда **X** – карбонил хрома,  $\text{Cr}(\text{CO})_x$ . Условие для потери массы при разложении в инертной атмосфере:

$$\frac{52 + 28x}{52} = 4.23,$$

$$x = 6,$$

формула **X** –  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ .

Уравнения реакций:



Ответ: **X** –  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ .