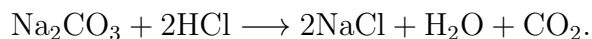


№ 1

Реакция между карбонатом натрия и соляной кислотой протекает следующими образом:



Известно, что масса смеси, содержащей примеси в количестве $\omega_{\text{п}} = 15\%$, равна

$$m_{\text{с}} = 15 \text{ г.}$$

Тогда

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{100} \cdot m_{\text{с}} = \frac{100 - \omega_{\text{п}}}{100} \cdot m_{\text{с}} = 12,75 \text{ г.}$$

Исходя из уравнения реакции,

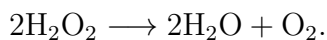
$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}.$$

Значит,

$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_m = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} \cdot V_m = \frac{12,75}{106} \cdot 22,4 \approx 2,7 \text{ л.}$$

№ 2

Реакция разложения пероксида водорода протекает следующими образом:



Известно, что масса раствора, содержащего пероксид водорода в количестве $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 3,4\%$, равна

$$m_{\text{р}} = 100 \text{ г.}$$

Тогда масса пероксида равна

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{\omega(\text{H}_2\text{O}_2)}{100} \cdot m_{\text{р}} = 3,4 \text{ г.}$$

При этом, в результате реакции образовался кислород объёмом $V(\text{O}_2) = 0,56 \text{ л}$, то есть

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{0,56}{22,4} = 0,025 \text{ моль.}$$

Исходя из уравнения реакции,

$$\nu(\text{H}_2\text{O}_2) = 2\nu(\text{O}_2) = 0,05 \text{ моль}$$

и

$$m_{\text{п}}(\text{H}_2\text{O}_2) = \nu(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot M(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,05 \cdot 34 = 1,7 \text{ г.}$$

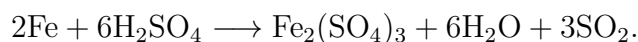
А значит, разложению подверглось

$$\frac{m_{\text{п}}(\text{H}_2\text{O}_2)}{m(\text{H}_2\text{O}_2)} \cdot 100\% = 50\%$$

от изначальной массы пероксида водорода.

№ 3

Реакция нагревания железа с концентрированной серной кислотой протекает следующим образом:



Известно, что масса железа равна $m(\text{Fe}) = 6,16$ г. Тогда

$$\nu(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{6,16}{56} = 0,11 \text{ моль.}$$

Исходя из уравнения реакции,

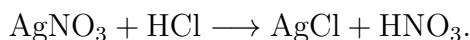
$$\nu(\text{SO}_2) = \frac{3}{2}\nu(\text{Fe}) = 0,165 \text{ моль.}$$

Реакция проходила при $T = 300^\circ\text{C} = 573 \text{ К}$ и $P = 101300 \text{ Па}$. По уравнению Клапейрона-Менделеева,

$$V(\text{SO}_2) = \frac{\nu(\text{SO}_2) \cdot RT}{P} \cdot 10^3 = \frac{0,165 \cdot 8,314 \cdot 573}{101300} \cdot 10^3 \approx 7,76 \text{ л.}$$

№ 4

Реакция нитрата серебра с хлоридом натрия протекает следующим образом:



Известно, что

$$m_{\text{p}}(\text{AgNO}_3) = 250 \text{ г, } \omega(\text{AgNO}_3) = 12\%$$

и

$$m_{\text{p}}(\text{HCl}) = 300 \text{ г, } \omega(\text{HCl}) = 4\%.$$

Тогда

$$m(\text{AgNO}_3) = \frac{\omega(\text{AgNO}_3)}{100} \cdot m_{\text{p}}(\text{AgNO}_3) = 30 \text{ г}$$

и

$$m(\text{HCl}) = \frac{\omega(\text{HCl})}{100} \cdot m_{\text{p}}(\text{HCl}) = 12 \text{ г.}$$

При этом

$$\nu(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{30}{170} \approx 0,18 \text{ моль}$$

и

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{12}{36,5} \approx 0,33 \text{ моль.}$$

Как видно из уравнения реакции и расчётов, хлороводород находится в избытке, а значит

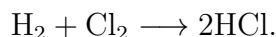
$$\nu(\text{AgCl}) = \nu(\text{AgNO}_3) \approx 0,18 \text{ моль}$$

и

$$m(\text{AgCl}) = \nu(\text{AgCl}) \cdot M(\text{AgCl}) = 0,18 \cdot 143,5 \approx 25,83 \text{ г.}$$

№ 5

Реакция синтеза хлороводорода протекает следующими образом:



При этом водород взят с избытком по отношению к необходимому объёму:

$$V(\text{H}_2) = 1,1V_{\text{н}}(\text{H}_2).$$

Как видно из уравнения реакции,

$$V_{\text{н}}(\text{H}_2) = V(\text{Cl}_2) \Rightarrow V(\text{H}_2) = 1,1V(\text{Cl}_2).$$

При этом

$$m(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \cdot M(\text{H}_2) = \frac{1,1V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{H}_2).$$

и

$$m(\text{Cl}_2) = \nu(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{Cl}_2).$$

Значит,

$$\begin{aligned}\omega(\text{H}_2) &= \frac{m(\text{H}_2)}{m(\text{H}_2) + m(\text{Cl}_2)} \cdot 100\% = \\ &= \frac{\frac{1,1V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{H}_2)}{\frac{1,1V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{H}_2) + \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_m} \cdot M(\text{Cl}_2)} \cdot 100\% = \\ &= \frac{1,1M(\text{H}_2)}{1,1M(\text{H}_2) + M(\text{Cl}_2)} \cdot 100\% = \frac{1,1 \cdot 2}{1,1 \cdot 2 + 71} \cdot 100\% \approx 3\%.\end{aligned}$$

№ 6

Реакция разложения перманганата калия протекает следующими образом:



Известно, что масса перманганата равна $m(\text{KMnO}_4) = 20$ г. Тогда

$$\nu(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{M(\text{KMnO}_4)} = \frac{20}{158} \approx 0,127 \text{ моль}.$$

Как видно из уравнения реакции,

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{\nu(\text{KMnO}_4)}{2} \approx 0,064 \text{ моль}.$$

Поскольку выход реакции равен 86%, то

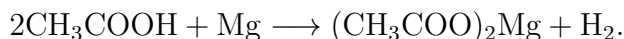
$$\nu_{\text{н}}(\text{O}_2) = 0,86 \cdot \nu(\text{O}_2) \approx 0,055 \text{ моль}.$$

Тогда

$$m(\text{O}_2) = \nu_{\text{н}}(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 0,055 \cdot 32 = 1,76 \text{ г}.$$

№ 7

Реакция уксусной кислоты с магнием протекает следующими образом:



При этом,

$$m(\text{Mg}) = 4,8 \text{ г}, \quad \nu(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{4,8}{24} = 0,2 \text{ моль}.$$

Так же известно, что

$$V_p(\text{CH}_3\text{COOH}) = 50 \text{ мл}, \quad \omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 15\%, \quad \rho_p(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,02 \text{ г/мл}.$$

Тогда

$$m_p(\text{CH}_3\text{COOH}) = \rho_p(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_p(\text{CH}_3\text{COOH}) = 51 \text{ г}$$

и

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{\omega(\text{CH}_3\text{COOH})}{100} \cdot m_p(\text{CH}_3\text{COOH}) = 7,65 \text{ г}.$$

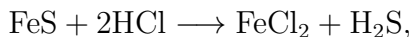
Значит,

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{7,65}{60} \approx 0,13 \text{ моль}.$$

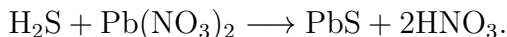
Как видно из уравнения реакции, кислоты должно быть вдвое больше, чем металла, а значит, в нашем случае, её не хватит.

№ 8

Реакция сульфида железа (II) с соляной кислотой протекает следующими образом:



а сероводорода с нитратом свинца —



Известно, что

$$m_p(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 22,7 \text{ г}, \quad \omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 10\%.$$

Тогда

$$m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{100} \cdot m_p(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 2,27 \text{ г}$$

и

$$\nu(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{2,27}{331} \approx 0,007 \text{ моль}.$$

Как видно из уравнения реакции,

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,007 \text{ моль}.$$

При этом,

$$\nu(\text{S}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) = 0,007 \text{ моль}$$

и

$$m(\text{S}) = \nu(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0,007 \cdot 32 = 0,224 \text{ г}.$$

Тогда сталь, содержащая сульфид железа (II), массой $m = 100 \text{ г}$ содержит

$$\omega(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{m} \cdot 100\% = 0,224\%$$

серы.

№ 9

Известно, что смесь массой $m = 40$ г содержит вещества в следующих долях:

$$\omega(\text{MgO}) = 30\%, \quad \omega(\text{ZnO}) = 20\%, \quad \omega(\text{BaO}) = 50\%.$$

Тогда

$$\begin{aligned} m(\text{MgO}) &= \frac{\omega(\text{MgO})}{100} \cdot m = 12 \text{ г}, \\ m(\text{ZnO}) &= \frac{\omega(\text{ZnO})}{100} \cdot m = 8 \text{ г}, \\ m(\text{BaO}) &= \frac{\omega(\text{BaO})}{100} \cdot m = 20 \text{ г} \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} \nu(\text{MgO}) &= \frac{m(\text{MgO})}{M(\text{MgO})} = \frac{12}{40} = 0,3 \text{ моль}, \\ \nu(\text{ZnO}) &= \frac{m(\text{ZnO})}{M(\text{ZnO})} = \frac{8}{81} \approx 0,1 \text{ моль}, \\ \nu(\text{BaO}) &= \frac{m(\text{BaO})}{M(\text{BaO})} = \frac{20}{153} \approx 0,13 \text{ моль}. \end{aligned}$$

К этой смеси добавили серную кислоту:

$$V_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 600 \text{ мл}, \quad \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12\%, \quad \rho_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,08 \text{ г/мл}.$$

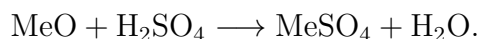
Так,

$$m_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \rho_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 648 \text{ г}$$

и

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)}{100} \cdot m_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 77,76 \text{ г}, \\ \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{77,76}{98} \approx 0,79 \text{ моль}. \end{aligned}$$

Всего произойдёт три реакции вида



Серная кислота взята в избытке, а значит реакции пройдут полностью. Тогда, как видно из уравнения реакции, количество образовавшейся в них воды равно

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{MgO}) + \nu(\text{ZnO}) + \nu(\text{BaO}) = 0,53 \text{ моль}.$$

Значит, полная масса воды в растворе равна

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) + (m_{\text{p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{H}_2\text{SO}_4)) = \\ &= 0,53 \cdot 18 + 648 - 77,76 = 579,78 \text{ г}. \end{aligned}$$

№ 10

Известно, что $m(\text{NaOH}) = 10$ г и $m(\text{H}_2\text{S}) = 10$ г. Тогда

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{10}{40} = 0,25 \text{ моль}$$

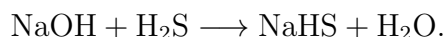
и

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = \frac{m(\text{H}_2\text{S})}{M(\text{H}_2\text{S})} = \frac{10}{34} \approx 0,29 \text{ моль.}$$

Реакция гидроксида натрия с сероводородом может протекать следующим двумя путями:



и

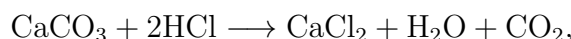


Как видно из уравнений реакции, в нашем случае образуется кислая соль:

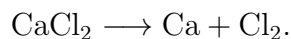
$$\nu(\text{NaHS}) = \nu(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль.}$$

№ 11

На первой стадии получают хлорид кальция:



а на второй проводят электролиз расплава:



Известно, что $m(\text{CaCO}_3) = 120$ г. Тогда

$$\nu(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{120}{100} = 1,2 \text{ моль.}$$

Выход на каждой стадии составляет 90%. Как видно из уравнений реакций,

$$\nu(\text{Ca}) = 0,9\nu(\text{CaCl}_2) = 0,9(0,9\nu(\text{CaCO}_3)) = 0,972 \text{ моль.}$$

Значит,

$$m(\text{Ca}) = \nu(\text{Ca}) \cdot M(\text{Ca}) = 0,972 \cdot 40 = 38,88 \text{ г.}$$

№ 12

Реакция прокаливании гидросульфита натрия протекает следующими образом:



Известно, что $m(\text{NaHSO}_3) = 15,6$ г и масса твёрдого остатка равна $m = 11,5$ г. Изначальное количество гидросульфита равно

$$\nu(\text{NaHSO}_3) = \frac{m(\text{NaHSO}_3)}{M(\text{NaHSO}_3)} = \frac{15,6}{104} \approx 0,15 \text{ моль,}$$

а количество прореагировавшего — $\nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)$. Как видно из уравнения реакции,

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{\nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)}{2}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} m &= (\nu(\text{NaHSO}_3) - \nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)) \cdot M(\text{NaHSO}_3) + \nu(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \\ &= (\nu(\text{NaHSO}_3) - \nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)) \cdot M(\text{NaHSO}_3) + \frac{\nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)}{2} \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_3). \end{aligned}$$

То есть

$$\nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3) = 2 \cdot \frac{m - \nu(\text{NaHSO}_3) \cdot M(\text{NaHSO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_3) - 2M(\text{NaHSO}_3)} = 2 \cdot \frac{11,5 - 0,15 \cdot 104}{126 - 2 \cdot 104} = 0,1 \text{ моль}$$

и

$$m_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3) = \nu_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3) \cdot M(\text{NaHSO}_3) = 10,4 \text{ г.}$$

Значит, прореагировало

$$\frac{m_{\text{п}}(\text{NaHSO}_3)}{m(\text{NaHSO}_3)} \cdot 100\% \approx 66,7\%$$

гидросульфита натрия.