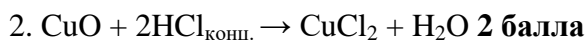
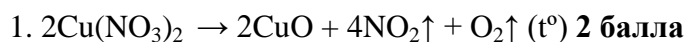


9 класс

Задача 1 (10 баллов)

Навеску нитрата меди (II) прокалили, при этом выделился газ и образовался осадок черного цвета массой 2,4 г. Твердый остаток полностью растворили в 25 мл концентрированной соляной кислоты ($\rho = 1,179$ г/мл). Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе. Напишите уравнения всех проведенных реакций.

Решение



3. $v(\text{CuO}) = m(\text{CuO})/M(\text{CuO}) = 2,4\text{г}/79,5\text{г/моль} = 0,03$ моль **1 балл**

4. $v(\text{CuCl}_2) = v(\text{CuO}) = 0,03$ моль **1 балл**

$m(\text{CuCl}_2) = v(\text{CuCl}_2) \cdot M(\text{CuCl}_2) = 0,03\text{моль} \cdot 134,45\text{г/моль} = 4,03$ г **1 балл**

5. $m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = \rho(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 25$ мл $\cdot 1,179$ г/мл = 29,5 г **1 балл**

6. $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) + m(\text{CuO}) = 29,5\text{г} + 2,4\text{г} = 31,9$ г **1 балл**

7. $\omega(\text{CuCl}_2) = m(\text{CuCl}_2)/m_{\text{р-ра}} \cdot 100\% = 4,03\text{г} / 31,9\text{г} \cdot 100\% = 12,63\%$ **1 балл**

Ответ: 12,63%

Задача 2

В ходе эксперимента через раствор гидроксида натрия пропускали желто-зеленый газ. По прошествии некоторого времени не прекращая подачу газа раствор нагрели и продолжили эксперимент. После завершения реакции раствор охладили, выделив тем самым смесь двух продуктов массой 6 г. На полное растворение некоторой части этой смеси потребовалось 16,25 мл 10% раствора соляной кислоты ($\rho = 1,047$ г/см³). При этом выделилось 521,9 мл исходного газа. Определите массовое соотношение компонентов в выделенной смеси, напишите уравнения всех, описанных в задаче реакций.

Решение

Очевидно исходный газ – это хлор.

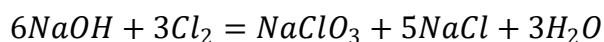
1 балл

При пропускании хлора через холодный раствор гидроксида натрия образуется гипохлорит натрия:



2,5 балла

При нагревании эта реакция протекает уже с образованием хлората натрия:

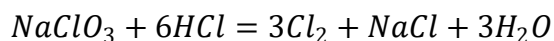
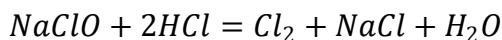


2,5 балла

Хлорат и гипохлорит при охлаждении раствора первыми выпадают в осадок, т.к. обладают меньшей растворимостью по сравнению с хлоридом натрия (промышленный способ получения данных солей).

2 балла

Реакции взаимодействия хлората и гипохлорита с соляной кислотой:



2 балла

Количество вещества израсходованной соляной кислоты составляет:

$$\nu(HCl) = \frac{16,24 \text{ мл} * 1,047 \text{ г/мл} * 0,1}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,0466 \text{ моль}$$

1 балл

Количество вещества выделившегося хлора:

$$\nu(Cl_2) = \frac{0,5219 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0233 \text{ моль}$$

1 балл

Можно составить следующую систему уравнений, приняв за ν_1 количество вещества гипохлорита натрия, а за ν_2 – хлората натрия:

$$\begin{cases} 0,0233 = \nu_1 + 3\nu_2 \\ 0,0466 = \nu_1 + 6\nu_2 \end{cases}$$

2 балла

Решая ее получим:

$$\nu_1 = 0,0443 \text{ моль} \quad m_1 = 0,33 \text{ г}$$

$$\nu_2 = 0,0629 \text{ моль} \quad m_2 = 0,67 \text{ г}$$

Т.е. массовое соотношение солей в смеси 2:1.

1 балл

Задача 3

Вещество А, источающее запах тухлых яиц, при взаимодействии с раствором соли азотной кислоты привело к выпадению темно-коричневого осадка (реакция 1). При взаимодействии вещества А массой $m=13\text{г}$ с избытком хлорида железа (III) образовался осадок вещества В (реакция 2). Осадок отфильтровали и высушили, это оказалось рыхлое вещество желтого цвета. Четверть осадка В при длительном нагревании полностью растворили в концентрированной серной кислоте (реакция 3). В ходе реакции выделялся газ С.

1. Определите вещества А, В, С, обоснуйте свой ответ.
2. Напишите уравнения 1-3.
 3. Определите массу осадка В и объем газа С при нормальных условиях. Определите массовую долю элементов в веществе С. Округлите ответ до целых значений.

Решение

1. А – H_2S – вещество с запахом тухлых яиц, при взаимодействии сульфид-аниона с катионом свинца (качественная реакция) выпадает осадок темно-коричневого цвета – сульфида свинца. **(16)**
 В – S – сульфид водорода является сильным восстановителем и при взаимодействии с хлоридом железа (III) восстанавливает его до хлорида железа (II), при этом осаждаясь в виде простого вещества – серы. **(26)**
 С – NO_2 – при длительном нагревании серы с раствором концентрированной азотной кислоты выделяется этот газ, а сера окисляется до высшей степени окисления. **(26)**

2. 1 - $\text{H}_2\text{S} + \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{SnS} \downarrow + 2\text{HNO}_3$ **(16)**
 2 - $\text{H}_2\text{S} + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{S} \downarrow + 2\text{HCl}$ **(26)**
 3 - $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ **(26)**

3. Количество вещества находится по формуле $\nu = m / M$:

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = 13\text{г} / 34.1\text{г/моль} = 0.38\text{моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{S})$$

$$m(\text{S}) = \nu * M = 0.38\text{моль} * 32\text{г/моль} = 12.6\text{г} - \text{масса осадка В. (26)}$$

Объем 1 моль любого газа при нормальных условиях всегда равен 22.4л. В соответствии с уравнением реакции 3 сера поступила в раствор в количестве $\nu = 0.095\text{моль}$, а диоксида азота выделилось $0.095\text{моль} * 3 = 0.285\text{моль}$. Тогда:

$$V(\text{SO}_2) = 0.285\text{моль} * 22.4\text{л/моль} = 6.384 = 6\text{л. (26)}$$

$$M(\text{SO}_2) = 64\text{г/моль}; W(\text{элемента}) = (M \text{ элемента} / M \text{ вещества}) * 100\%$$

$$W(\text{S}) = (32\text{г/моль} / 64\text{г/моль}) * 100\% = 50\%;$$

$$W(\text{O}) = (32\text{г/моль} / 64\text{г/моль}) * 100\% = 50\%$$

$$\text{или } W(\text{O}) = 100\% - 50\% = 50\% \text{ (16)}$$

Задача №4.

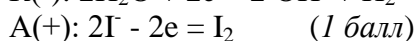
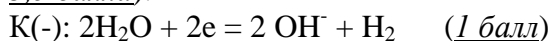
Юный химик Петя решил провести эксперимент. Он взял 725 мл водного раствора йодида калия с плотностью $1,3959 \text{ г/см}^3$ и массовой долей растворенного вещества 40% и поместил его в электролизер с графитовыми электродами. Процесс электролиза он проводил с использованием тока силой 7 А в течение 5 часов 23 минут. Выход по току составил 95%. Определите, какой стала массовая доля йодида калия в получившейся у Пети смеси после электролиза.

Решение:

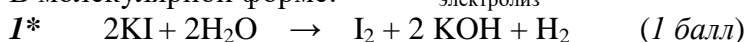
Масса растворенного вещества в водном растворе KI, используемом в Петинском эксперименте (1 балл):

$$m(\text{KI}) = \frac{\rho V \omega(\%)}{100\%} = \frac{725 \text{ мл} * 1,3959 \frac{\text{г}}{\text{мл}} * 40\%}{100\%} = 404,81 \text{ г}$$

Электролиз водного раствора йодида калия протекает согласно следующим схемам (всего 3,5 балла):



В молекулярной форме:

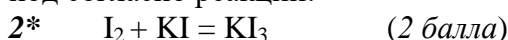


За 5 часов 23 минуты (19380 с), согласно закону электролиза Фарадея ($m = QM/Fz = ItM/Fz$), образовались следующие массы водорода и йода:

$$m(H_2) = \frac{I \cdot t \cdot M(H_2)}{n(H_2) \cdot F} \cdot \eta = \frac{7 \cdot 19380 \cdot 2}{2 \cdot 96485} \cdot 0,95 = 1,406 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

$$m(I_2) = \frac{I \cdot t \cdot M(I_2)}{n(I_2) \cdot F} \cdot \eta = \frac{7 \cdot 19380 \cdot 254}{2 \cdot 96485} \cdot 0,95 = 178,565 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

Так как йодид калия в растворе не полностью подвергся разложению, то следует учесть, что его оказалось достаточно для того, чтобы растворить выделяющийся молекулярный йод согласно реакции:



Рассчитаем исходное количество йодида калия и количество образовавшегося молекулярного йода (1 балл):

$$n_{\text{исх.}}(KI) = \frac{m(KI)}{M(KI)} = \frac{404,81 \text{ г}}{166 \text{ г/моль}} = 2,44 \text{ моль}$$

$$n_{\text{образ.1}^*}(I_2) = \frac{m(I_2)}{M(I_2)} = \frac{178,565 \text{ г}}{254 \text{ г/моль}} = 0,703 \text{ моль}$$

Согласно записанному выше уравнению электролиза 1*, затратилось $n_{\text{прореаг.1}^*}(KI) = n_{\text{образ.1}^*}(I_2) \cdot 2 = 0,703 \text{ моль} \cdot 2 = 1,406 \text{ моль}$. Значит, осталось

$$n_{\text{ост.1}^*}(KI) = n_{\text{исх.}}(KI) - n_{\text{прореаг.1}^*}(KI) = 2,44 \text{ моль} - 1,406 \text{ моль} = 1,034 \text{ моль}$$

Тогда, согласно записанной выше реакции 2* образования соли KI_3 получим:

$$n_{\text{прореаг.2}^*}(KI) = n_{\text{образ.1}^*}(I_2) = 0,703 \text{ моль}$$

$n_{\text{ост.2}^*}(KI) = n_{\text{ост.1}^*}(KI) - n_{\text{прореаг.2}^*}(KI) = 1,034 \text{ моль} - 0,703 \text{ моль} = 0,331 \text{ моль}$ (За все вышеперечисленные рассуждения 2 балла)

$$m_{\text{ост.2}^*}(KI) = n_{\text{ост.2}^*}(KI) \cdot M(KI) = 0,331 \text{ моль} \cdot 166 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 54,95 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

Масса раствора уменьшилась за счет выделения газообразного водорода и составит:

$$m_{\text{р-ра после эл-за}} = 725 \text{ мл} \cdot 1,3959 \frac{\text{г}}{\text{мл}} - m(H_2) = 1012,028 \text{ г} - 1,406 \text{ г} = 1010,62 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$\omega(KI)_{\text{после эл-за}} = \frac{m_{\text{ост.2}^*}(KI)}{m_{\text{р-ра после эл-за}}} \cdot 100\% = \frac{54,95 \text{ г}}{1010,62 \text{ г}} \cdot 100\% = 5,44\% \quad (0,5 \text{ балла})$$

Ответ задания: массовая доля йодида калия в получившемся у Пети растворе после электролиза составила **5,44%**.