

1. В 500 мл раствора хлорида натрия (плотность 1,0633 г/мл) опустили графитовые электроды и подали напряжение. После того, как на электродах выделилось 22,4 л газов (при н.у.), источник тока отключили. В полученный раствор добавили 200 г раствора сульфата железа (II). В результате образовался осадок болотного цвета. Для завершения реакции раствор оставили на ночь при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Утром обнаружили, что осадок потемнел и стал бурого цвета. Его отфильтровали, высушили, взвесили, после чего прокалили. После прокаливания обнаружили, что масса остатка уменьшилась на 10,8 г, а цвет изменился на красно-коричневый. Оставшийся фильтрат решили проверить на возможный избыток щелочи. Для этого весь раствор разбавили водой в колбе на 1 л. Отобрали аликвоту объемом 100 мл и титровали 0,1 М раствором соляной кислоты. На титрование затратили 25 мл кислоты. На основании описанных данных составьте уравнения протекающих реакций, вычислите концентрацию хлорида натрия в исходном растворе, и определите массовую долю щелочи в растворе после электролиза (15 баллов).

Дано:

$$V_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) = 500 \text{ мл}$$

$$\rho(\text{NaCl}) = 1,0633 \text{ г/мл}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{FeSO}_4) = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 \text{ г}$$

$$V_{\text{р-ра}} = 1 \text{ л}$$

$$V_{\text{ал.}} = 100 \text{ мл}$$

$$C(\text{HCl}) = 0,1 \text{ М}$$

$$V(\text{HCl}) = 25 \text{ мл}$$

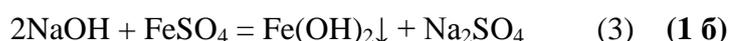
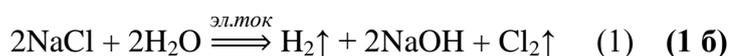
Найти:

$$C(\text{NaCl}) = ?$$

$$\omega(\text{NaOH}) = ?$$

Решение:

1) Составить уравнения реакций (5 б):



2) Найти количество вещества HCl и щелочи в фильтрате (1 б):

$$v(\text{HCl}) = V \cdot C = 0,1 \text{ М} \cdot 0,025 \text{ л} = 0,0025 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

по пятому уравнению находим количество вещества щелочи

$$v_{100}(\text{NaOH}) = v(\text{HCl}) = 0,0025 \text{ моль} \quad (0,25 \text{ б})$$

$$v_{1000}(\text{NaOH}) = 0,0025 \cdot 10 = 0,025 \text{ моль} \quad (0,25 \text{ б})$$

3) Найти количество воды, выделившейся при прокаливании, и щелочи, пошедшей на образование осадка (2 б):

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{10,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,6 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

по пятому уравнению находим количество вещества гидроксида железа(III) (0,5 б):

$$v(\text{Fe}(\text{OH})_3) = \frac{v(\text{H}_2\text{O}) \cdot 2}{3} = \frac{0,6 \cdot 2}{3} = 0,4 \text{ моль}$$

по четвертому уравнению находим количество вещества гидроксида железа(II) (0,5 б):

$$\nu(\text{Fe}(\text{OH})_2) = \nu(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,4 \text{ моль}$$

по третьему уравнению находим количество вещества гидроксида натрия **(0,5 б)**:

$$\nu(\text{NaOH}) = 2 \cdot \nu(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0,8 \text{ моль}$$

4) Найти общее количество вещества щелочи **(1 б)**:

$$\nu_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = 0,025 + 0,8 = 0,825 \text{ моль}$$

5) Найти общее количество вещества выделившихся газов **(1 б)**:

$$\nu_{\text{общ.}}(\text{газов}) = \frac{V}{V_m} = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль}$$

6) Найти количество вещества газов, выделившихся при электролизе соли **(1 б)**:

по первому уравнению находим количество вещества водорода и хлора **(0,5 б)**:

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Cl}_2) = \frac{\nu(\text{NaOH})}{2} = \frac{0,825 \text{ моль}}{2} = 0,4125 \text{ моль}$$

находим общее количество вещества выделившихся газов по первому уравнению **(0,5 б)**:

$$\nu_{\text{общ.}}(\text{H}_2 + \text{Cl}_2) = 0,4125 \cdot 2 = 0,825 \text{ моль}$$

7) Найти количество вещества газов, выделившихся при электролизе воды **(1 б)**:

исходя из того, что общее количество газов больше количества газов, выделившихся при электролизе соли, можно сделать вывод, что соль полностью подверглась электролизу, а оставшаяся часть газов образовалась за счет электролиза воды **(0,25 б)**:

$$\begin{aligned} \nu(\text{H}_2 + \text{O}_2) &= \nu_{\text{общ.}}(\text{газов}) - \nu_{\text{общ.}}(\text{H}_2 + \text{Cl}_2) = 1 - 0,825 \\ &= 0,175 \text{ моль} \end{aligned}$$

так как газов выделилось по второму уравнению 3 части, на которые приходится 0,175 моль, то на 1 часть приходится 0,0583 моль **(0,25 б)**

отсюда следует:

$$\nu(\text{O}_2) = 0,0583 \text{ моль} \quad \text{(0,25 моль)}$$

$$\nu(\text{H}_2) = 0,0583 \cdot 2 = 0,1167 \text{ моль} \quad \text{(0,25 б)}$$

8) Найти концентрацию NaCl в исходном растворе **(1 б)**:

по первому уравнению находим количество вещества соли **(0,5 б)**:

$$\nu(\text{NaCl}) = \nu_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = 0,825 \text{ моль}$$

находим концентрацию соли в растворе **(0,5 б)**:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{\nu}{V} = \frac{0,825 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 1,65 \text{ М}$$

9) Найти массовую долю щелочи в растворе после электролиза (2 б):

находим массу раствора соли до электролиза (0,5 б):

$$m_{p-pa}(\text{NaCl}) = V \cdot \rho = 500 \text{ мл} \cdot 1,0633 \text{ г/мл} = 531,65 \text{ г}$$

находим массу раствора после электролиза (0,5 б):

$$\begin{aligned} m_{p-pa} &= m_{p-pa}(\text{NaCl}) - m_1(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) - m_2(\text{H}_2) - m(\text{O}_2) \\ &= 531,65 - 0,4125 \cdot 2 - 0,4125 \cdot 71 - 0,1167 \cdot 2 \\ &\quad - 0,0583 \cdot 32 = 499,4385 \text{ г} \end{aligned}$$

находим общую массу щелочи в растворе (0,5 б):

$$m_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = \nu \cdot M = 0,825 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 33 \text{ г}$$

находим массовую долю щелочи в растворе (0,5 б):

$$\begin{aligned} \omega(\text{NaOH}) &= \frac{m_{\text{общ.}}(\text{NaOH})}{m_{p-pa}} \cdot 100\% = \frac{33 \text{ г}}{499,4385 \text{ г}} \cdot 100\% \\ &= 6,6\% \end{aligned}$$

**Ответ (15 б):**

$$C(\text{NaCl}) = 1,65 \text{ М};$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 6,6 \text{ \%}.$$

2. Через горячий раствор гидроксида калия, взятый в избытке, пропустили желто-зеленый газ объемом 26,88 л (н.у.). После охлаждения раствора получили кристаллическое вещество А массой X г. Вещество А далее подвергли термическому разложению с катализатором CuO при 200 °С, в результате чего был получен газ Б объемом Y литров (н.у.). Газом Б обработали простое вещество В, взятое в избытке, при этом получили Г объемом 7.0 литров. Газ Г также можно получить при взаимодействии меди с концентрированной серной кислотой. Определите выход газа Г в % от теоретического, приведите все необходимые расчеты. Назовите все вещества, зашифрованные буквами. (10 баллов).

Решение

1. Желто-зеленый газ — это хлор. Это реакция получения бертолетовой соли  
$$6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} \text{ (2б)}$$
2. Запишем уравнение термического разложения бертолетовой соли с катализатором CuO при 200 градусах  
$$2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \text{ (2б)}$$
3. Необходимо определить простое вещество В, для этого запишем уравнение реакции меди с концентрированной серной кислотой  
$$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \text{ (2б)}$$
4. Следовательно простое вещество это сера. Запишем уравнение реакции горения серы



5. Теперь можем провести все необходимые расчеты:

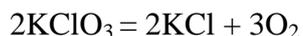
5.1 Найдем массу полученной бертолетовой соли:



$$26,88/3 \cdot 22,4 = x/122,5;$$

$$m(KClO_3) = 49 \text{ г}$$

5.2 Найдем объем получившегося кислорода



$$49/122,5 \cdot 2 = x/22,4 \cdot 3$$

$$V(O_2) = 13,44 \text{ литра} \Rightarrow v = 0,6 \text{ моль}$$

5.3 Определим массы оксида серы, который должен был образоваться и который образовался практически.

$$m_T = 0,6 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 38,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{пр}} = 7 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} \cdot 64 = 20 \text{ г}$$

$$\tilde{\omega} = 20/38,4 \cdot 100\% = 52,1 \%$$

За все расчеты 2 балла

И по 0,5 баллов за все 4 вещества. Сумма 10 баллов.

3. В растворе азотной кислоты объемом 800 мл (плотность 1,015 г/см<sup>3</sup>) с массовой концентрацией 3% растворили 9,6 г металлического цинка. Сколько граммов азотной кислоты в расчете на 100 % было израсходовано на окисление и сколько – на солеобразование? Из полученного раствора отобрали аликвоту 300 мл, к ней добавили 286 г 35%-го едкого натра. Какова будет реакция среды в полученном растворе? Напишите уравнения описанных реакций. Дайте названия всем продуктам реакции. (15 баллов)



Определяем количество вещества цинка 1 б

$$v(Zn) = 9,6/65 = 0,15 \text{ моль}$$

$$v(HNO_3) = (800 \cdot 1,015 \cdot 0,03)/63 = 0,39 \text{ моль} \quad 1 \text{ б}$$

HNO<sub>3</sub> в избытке. Считаем по недостатку.

всего азотной кислоты 10 моль по уравнению реакции 2 б

$$v(HNO_3) = (10 \cdot 0,15)/4 = 0,375 \text{ моль}$$

на окисление пошел 1 моль,

$$m_{\text{на окисление}} = 0,0375 \cdot 63 = 2,3625 \text{ г}$$

а на солеобразование 8 моль.

$$v(HNO_3) = (0,375 - 0,0375) = 0,3375 \text{ моль}$$

$$m_{\text{на солеобразование}} = 0,3375 \cdot 63 = 21,2625 \text{ г}$$

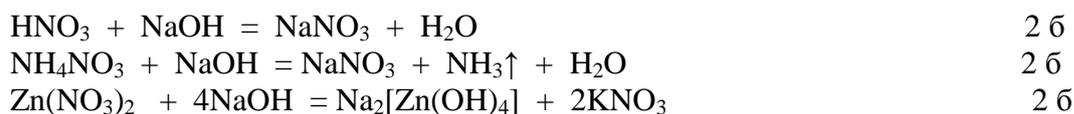
В растворе находится избыток азотной кислоты и две соли, которые будут реагировать с раствором щелочи, т.к. щелочь дана в избытке. 3 б

$$v(HNO_3)_{\text{ост}} = 0,39 - 0,375 = 0,015 \text{ моль}$$

$$v(NH_4NO_3) = 0,0375 \text{ моль}$$

$$v(Zn(NO_3)_2) = 0,15 \text{ моль}$$

$$v(NaOH) = (286 \cdot 0,35)/40 = 2,5 \text{ моль}$$



4. Учитель химии Павел Алексеевич проводит демонстрационную лабораторную работу на тему «Связь различных классов неорганических веществ». Для этого он, соблюдая все правила техники безопасности, последовательно осуществляет несколько химических реакций в вытяжном шкафу. Сначала Павел Алексеевич нагревает нитрат меди (II) до 200 °С. В ходе этого превращения учащиеся наблюдают образование твердого вещества. Затем это вещество Павел Алексеевич растворяет в разбавленной серной кислоте, и полученный раствор далее подвергает электролизу. Для осуществления последней реакции он берет вещество, которое выделялось на катоде в процессе электролиза, и растворяет его в концентрированном растворе азотной кислоты. Эта реакция, как и первая, протекает очень эффективно, с выделением газа красно-бурого цвета. Запишите уравнения четырех описанных реакций, а также составьте схему электролиза, записав процессы, протекающие на катоде и на аноде. (10 баллов)

Решение:

