10 класс

- 1) При электролизе ярко-голубого раствора соли двухвалентного металла на катоде выделяется 12,8г самого металла, выделение газа не наблюдается. Процесс ведут до полного исчерпания соли. На аноде выделяется кислород. Известно, что данная соль в твердом виде существует в виде пятиводного кристаллогидрата и используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения.
- 1. Установить формулу исходной соли.
- 2. Записать общее уравнение процесса электролиза и отдельные полуреакции на обоих электродах.
- 3. Определить среду раствора после проведения процесса (кислая/щелочная/нейтральная). Ответ обосновать.
- 4. Вычислить объем кислорода (в литрах), выделявшегося на аноде при T = 25°C и P = 101,325 кПа.
- 5. Определить массовую долю соли в исходном растворе, если для проведения процесса использовали раствор объемом 200 мл (плотность раствора принять равной 1 г/мл)

(15 баллов)

Решение

1. Двухвалентный металл, ионы которого в растворе имеют голубой цвет, находящийся в ряду напряжений правее водорода (так восстанавливается на катоде только металл), - это медь. (16)

В качестве удобрения в сельском хозяйстве используется сульфат меди (II). (16)

Так как соль пятиводный кристаллогидрат формула имеет вид: $CuSO_4*5H_2O$. (26)

2. Запишем процессы, происходящие на обоих электродах.

K:
$$Cu^{2+} + 2e = Cu^{0}$$
 (16)

A:
$$2H_2O - 4e = 4H^+ + O_2(16)$$

Общее уравнение электролиза таким образом имеет вид

$$2CuSO_4 + 2H_2O = 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2$$
 (26)

3. Среда раствора после проведения электролиза будет кислой. (16)

Так как в процессе, происходящим на аноде, выделяются ионы водорода, которые обуславливают кислую реакцию среды. (16)

4. Найдём количество вещества металла по формуле v = m/M

$$v(Cu) = m(Cu)/M(Cu) = 12,8\Gamma / 64\Gamma/$$
моль = 0,2 моль

По уравнению реакции, записанному в пункте 2:

$$v(O_2) = \frac{1}{2} v(Cu) = 0,2/2 = 0,1$$
 моль (16)

По уравнению Менделеева-Клапейрона найдем объем газа:

$$PV = vRT$$

$$V = (vRT)/P$$

$$T = 25 + 273 = 298K$$

$$V = (0,1$$
моль * $8,314$ Дж/(моль*К) * 298 К) / 101325 Па = $0,002$ м³ = 2 л. (**26**)

5. По уравнению реакции:

 $v(CuSO_4) = v(Cu) = 0,2$ моль, т.к реакцию электролиза вели до полного исчерпания ионов металла в растворе.

$$m (CuSO_4) = M(CuSO_4) * v (CuSO_4) = 160 г/моль * 0,2 моль = 32 г.$$
 (16)

Массовую долю соли находим по формуле w(соли) = m(соли)/m(раствора)*100%

$$m(p-pa) = V(p-pa)*p(p-pa) = 200$$
мл * 1г/мл = 200г

$$w(CuSO_4) = m(CuSO_4)/m(p-pa)*100\% = 32\Gamma / 200\Gamma * 100\% = 16\%$$
 (16)

2) Раствор, полученный смешением азотной и соляной кислот с одинаковыми массовыми долями, был нейтрализован раствором, содержащим гидроксид калия и гидроксид натрия. Раствор щелочей был получен при растворении смеси гидроксидов натрия и калия массой 3,125 г в воде в химическом стакане с известной массой. После выпаривания воды стакан с сухим остатком опять взвесили и определили, что прибавка в массе составила 4,815 г. Вычислите массовую долю гидроксида натрия в исходной смеси.

(10 баллов)

Решение

1) В результате нейтрализации в растворе присутствует 4 соли: КСl, NaCl, KNO₃, NaNO₃ массой 4,815 г. Следовательно масса сухого остатка складывается из суммы:

$$x*M(Na^+) + y*M(K^+) + t*M(NO_3^-) + z*M(Cl^-) = 4,815,$$

где x, y, z, t — количество вещества NaOH, KOH в исходном растворе до нейтрализации, HCl, HNO_3 в прореагировавшей смеси кислот.

(2 балл)

Так можно составить уравнение:

$$x*M(NaOH) + y*M(KOH) = 3,125$$

(1 балл)

2) Так как массовые доли кислот равны имеем:

$$\omega(\mathrm{HNO_3}) = \omega(\mathrm{HCl})$$

$$\frac{m(HNO_3)}{m(\text{раствора})} = \frac{m(HCl)}{m(\text{раствора})}$$

Из-за нахождения двух кислот в одном растворе масса раствора будет всегда одинакова, из чего следует:

$$m(HNO_3) = m (HCl)$$

 $v(HNO_3)*M(HNO_3) = v(HCl)*M(HCl)$

Исходя из этого может обозначить:

t – моль HNO₃ необходимых для нейтрализации

 $t = \frac{M(HNO_3)}{M(HCl)}$ — расход HCl на нейтрализацию (в дальнейшем отношение молекулярных масс кислот будем обозначать k)

Отсюда

$$t + tk = x + y$$
$$t = (x + y)/(1 + k)$$

(3 балла)

3) Итак, в образовавшейся смеси содержится x моль Na^+ , y моль K^+ , (x + y)/(1 + k) моль NO_3^- , k(x + y)/(1 + k) моль Cl^- . Отсюда можно составить второе уравнение:

$$\begin{split} M(Na^+)*x + M(K^+)*y + (x+y)/(1+k)*M(NO_3^-) + k(x+y)/(1+k)*M(Cl^-) &= 4,815. \\ (k=1,72, M(Na^+) = 23, M(K^+) = 56,1, M(NO_3^-) = 62, M(Cl^-) = 35,5). \end{split}$$

(2 балла)

4) Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 40x + 56,1y = 3,125\\ 23x + 39,1y + \frac{62(x+y)}{1+1,73} + \frac{61,4(x+y)}{1+1,73} = 4,815 \end{cases}$$
 (2 балла)
$$\begin{cases} 40x + 56,1y = 3,125\\ 68,2x + 84,3y = 4,815 \end{cases} [x = 0,015 \text{ моль}$$

 $\omega(\text{NaOH}) = 0.015*40/3,125 = 0.19$

3) Имеется предельный углеводород А с относительной плотностью по воздуху равной 2,9656, содержащий в своей структуре третичный атом углерода.

На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления, установите молекулярную формулу углеводорода А.
- 2) составьте структурную формулу А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле.
- 3) напишите уравнение дегидрирования вещества А с образованием вещества Б, имеющего геометрический изомер.
- 4) получите вещество A, исходя из имеющихся реагентов: $H-C_5H_{12}$, CH_4 , Mg, Cl_2 .

(10 баллов)

Решение

1) Найдем молекулярную массу вещества А по относительной плотности воздуха -16

$$M(A) = D_{\text{возд}} * M(\text{возд.})$$

$$M(A) = 2,9656*29$$
г/моль = 86 г/моль

2) Найдем молекулярную массу вещества А по общей формуле -16

$$M(C_nH_{2n+2}) = 12_n+1*2n+2=14n+2$$

3) Найдем п и молекулярную формулу А -16

$$M(C_nH_{2n+2}) = M(A)$$

$$14n + 2 = 86$$

n = 6

 C_6H_{14}

4) Составим структурную формулу вещества **A**, с учетом наличия третичного атома углерода **(16)**:

5) Напишем реакцию дегидрирования углеводорода **A**, с учетом образования алкена **Б**, имеющего геометрический изомер:

Написание реакции дегидрирования -16

Составление структурной формулы вещества Б -16

5) Составим реакции получения вещества А:

hν

эфир

За составление каждого уравнения по 1 б

4) Технология изготовления светокопий чертежей и документов, так называемых «синих копирок», основывалась на образовании сложного соединения состава А. Данный пигмент в настоящее время используется под торговой маркой «Милори», однако его применение ограничено в связи с неустойчивостью вещества к действию щелочей. Щелочные компоненты в растворе разлагают пигмент с образованием осадка бурого цвета. Соединение А, подвергаясь термолизу, разлагается с образованием соединения В, содержание металла переменной валентности в котором в 1,14 раз больше, чем в А, и газа С с относительной плотностью по водороду 26. Сложное вещество С подобно галогенам взаимодействует с водными растворами щелочей, а также сгорает на воздухе высокотемпературным (4500°С) пламенем светло-фиолетового цвета с образованием газа D и кислотного оксида E, пропускание которого через известковую или баритовую воду даёт осадки белого цвета. Дальнейшее термическое разложение вещества В протекает с выделением газа D, ор воздухе(D) = 78 %; соединения F, содержание металла в котором уже в 1,8 раз больше, чем в В и аллотропной модификации простого вещества G чёрного цвета.

Задание: Определите формулы всех химических веществ А-G, упоминающихся в реакциях. Свой ответ подтвердите расчётом и уравнениями химических реакций, включая реакции горения.

(15 баллов)

РЕШЕНИЕ:

Уравнения протекающих химических реакций –

1)
$$Fe_4(Fe(CN)_6)_3 + 12NaOH \rightarrow 4Fe(OH)_3 \downarrow + 3Na_4Fe(CN)_6$$

2)
$$3\text{Fe}_{4}[\text{Fe}(\text{CN})_{6}]_{3} \rightarrow \text{(t)} 7\text{Fe}_{2}[\text{Fe}(\text{CN})_{6}] + 6(\text{CN})_{2} \uparrow [200 \, ^{\circ}\text{C}]$$
A B C

3)
$$(CN)_2 + 2KOH \rightarrow KCN + KCNO + H_2O$$

4)
$$(CN)_2 + O_2 \rightarrow N_2 \uparrow + 2CO_2 \uparrow$$

5)
$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$$
 или $CO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + H_2O$

6)
$$Fe_2[Fe(CN)_6] \rightarrow (t) 3N_2 \uparrow + Fe_3C + 5C [560 °C]$$

Взаимодействующие вещества –

 ${f A}$ — ${\rm Fe_4[Fe(CN)_6]_3}$ гексацианоферрат (II) железа (III) или «берлинская лазурь», ${f B}$ — ${\rm Fe_2[Fe(CN)_6]}$ гексацианоферрат (II) железа (II), ${f C}$ — $({\rm CN})_2$ дициан, ${f D}$ — ${\rm N_2}$ азот, ${\bf E}$ — ${\rm CO_2}$ оксид углерода (IV) или углекислый газ, ${f F}$ — ${\rm Fe_3C}$ карбид железа (III), ${f G}$ — ${\bf C}$ углерод.