

Химия

Контрольная работа №2

Вариант 19

132. Рассчитайте молярную концентрацию, моляльность, молярную долю сульфата меди (II) в водном растворе с массовой долей растворенного вещества $\omega(\text{CuSO}_4) = 18\%$ и плотностью раствора $\rho = 1,206 \text{ г} / \text{см}^3$.

Дано:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 18\%$$

$$\rho = 1,206 \text{ г} / \text{см}^3$$

Найти: $C_M = ?$ $C_m = ?$ $\chi = ?$

Решение:

Объем 100 г 18%-ного раствора CuSO_4 :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \text{ г}}{1,206 \text{ г} / \text{см}^3} = 82,92 \text{ см}^3$$

Т.к. раствор 18%-ный, то $m(\text{CuSO}_4) = 18 \text{ г}$ сульфата меди (II) содержится в 100 г раствора или в $V = 82,92 \text{ см}^3$.

Молярная масса CuSO_4 : $M(\text{CuSO}_4) = 63,55 + 32 + 4 \cdot 16 = 159,55 \text{ г} / \text{моль}$.

Молярная концентрация 18%-ного раствора CuSO_4 :

$$C_M = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} \cdot \frac{1000}{V} = \frac{18}{159,55} \cdot \frac{1000}{82,92} = 1,361 \text{ моль} / \text{дм}^3$$

Масса воды в 100 г 18%-ного раствора:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра}} - m(\text{CuSO}_4) = 100 - 18 = 82 \text{ г}$$

Моляльность раствора CuSO_4 :

$$C_m = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} \cdot \frac{1000}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{18}{159,55} \cdot \frac{1000}{82} = 1,376 \text{ моль} / \text{кг}$$

Молярная доля растворенного вещества – это число молей растворенного вещества, отнесенное к общему числу молей.

Число молей сульфата меди (II):

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{18 \text{ г}}{159,55 \text{ г} / \text{моль}} = 0,113 \text{ моль}$$

Число молей воды:

$$\nu(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{82 \text{ г}}{18 \text{ г / моль}} = 4,556 \text{ моль}$$

Молярная доля сульфата меди (II):

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{\nu(CuSO_4)}{\nu(H_2O) + \nu(CuSO_4)} = \\ &= \frac{0,113 \text{ моль}}{4,556 \text{ моль} + 0,113 \text{ моль}} = 0,024 \end{aligned}$$

Ответ: $C_M = 1,361 \text{ моль/дм}^3$; $C_m = 1,375 \text{ моль/кг}$; $\chi = 0,024$.

163. К водному раствору гидроксида калия объемом $V = 50 \text{ см}^3$ с массовой долей растворенного вещества $\omega(\text{KOH}) = 35\%$ (плотность раствора $\rho = 1,341 \text{ г / см}^3$) прибавили воду объемом $V(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ см}^3$. Определите массовую долю и моляльность вещества KOH в этом растворе.

Дано:

$$V = 50 \text{ см}^3$$

$$\omega(\text{KOH}) = 35\%$$

$$\rho = 1,341 \text{ г / см}^3$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ см}^3$$

Найти: $\omega_1 = ?$ $C_m = ?$

Решение:

Масса 50 см^3 35%-ного раствора KOH:

$$m_{P-PA(1)} = \rho \cdot V = 1,341 \text{ г / см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 = 67,05 \text{ г}$$

где ρ – плотность раствора KOH, V – объем раствора KOH.

Масса KOH в $67,05 \text{ г}$ 35%-ного раствора:

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega(\text{KOH})}{100} \cdot m_{P-PA(1)} = \frac{35\%}{100\%} \cdot 67,05 \text{ г} = 23,47 \text{ г}$$

Масса добавленной воды:

$$m_1(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г / см}^3 \cdot 300 \text{ см}^3 = 300 \text{ г}$$

где $\rho(\text{H}_2\text{O})$ – плотность воды.

Масса полученного раствора:

$$m_{P-PA(2)} = m_{P-PA(1)} + m_1(\text{H}_2\text{O}) = 67,05 \text{ г} + 300 \text{ г} = 367,05 \text{ г}$$

Массовая доля раствора KOH:

$$\omega_1 = \frac{m(\text{KOH})}{m_{P-PA(2)}} \cdot 100\% = \frac{23,47 \text{ г}}{367,05 \text{ г}} \cdot 100\% = 6,4\%$$

Масса воды в $67,05 \text{ г}$ 35%-ного раствора:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{P-PA(1)} - m(\text{KOH}) = 67,05 \text{ г} - 23,47 \text{ г} = 43,58 \text{ г}$$

Масса воды в полученном растворе:

$$m_2(H_2O) = m(H_2O) + m_1(H_2O) = 43,58 \text{ г} + 300 \text{ г} = 343,58 \text{ г}$$

Молярная масса гидроксида калия:

$$M(KOH) = 39 + 16 + 1 = 56 \text{ г / моль}$$

Молярная концентрация раствора KOH:

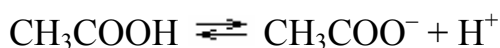
$$C_m = \frac{m(KOH)}{M(KOH)} \cdot \frac{1000}{m(H_2O)} = \frac{23,47}{56} \cdot \frac{1000}{343,58} = 1,22 \text{ моль/кг}$$

Ответ: $\omega_1 = 6,4\%$; $C_m = 1,22 \text{ моль/кг}$.

199. Напишите уравнения электролитической диссоциации электролитов в водном растворе CH_3COOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, HIO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, BaCl_2 . Для слабых электролитов составьте выражения констант диссоциации и приведите их справочные значения.

Решение:

Уксусная кислота CH_3COOH – слабый электролит:



Выражение константы диссоциации:

$$K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ – слабое основание, образованное трехзарядным катионом Al^{3+} , поэтому диссоциирует по трем ступеням.

1 ступень:

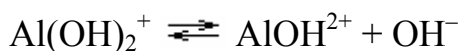


Выражение константы диссоциации по первой ступени:

$$K_{\text{д}}^I(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{[\text{Al}(\text{OH})_2^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{Al}(\text{OH})_3]}$$

$$K_{\text{д}}^I(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

2 ступень:

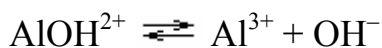


Выражение константы диссоциации по второй ступени:

$$K_{\text{д}}^{II}(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{[\text{AlOH}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{Al}(\text{OH})_2^+]}$$

$$K_{\text{д}}^{II}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 3,3 \cdot 10^{-8}$$

3 ступень:

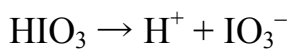


Выражение константы диссоциации по третьей ступени:

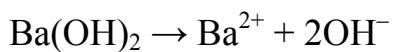
$$K_{\delta}^{\text{III}}(Al(OH)_3) = \frac{[Al^{3+}] \cdot [OH^-]}{[AlOH^{2+}]}$$

$$K_{\delta}^{\text{III}}(Al(OH)_3) = 1,0 \cdot 10^{-9}$$

Иодноватая кислота $HIО_3$ – сильный электролит:



Гидроксид бария $Ba(OH)_2$ – сильный электролит:



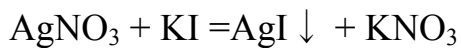
Хлорид бария $BaCl_2$ – средняя соль – сильный электролит:



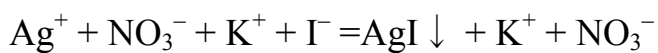
202. Напишите уравнения реакции (в молекулярной и ионно-молекулярной формах), протекающей в водном растворе между нитратом серебра (I) и иодидом калия.

Решение:

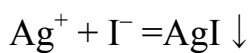
Молекулярное уравнение реакции:



Полное ионно-молекулярное уравнение реакции:



Сокращенное ионно-молекулярное уравнение реакции:



239. Рассчитайте pH и pOH водных растворов 1) иодоводородной кислоты с молярной концентрацией $C(HI) = 0,003 \text{ моль} / \text{дм}^3$ и 2) гидроксида аммония с молярной концентрацией эквивалентов

$$C_{\text{экв}}(NH_4OH) = 0,2 \text{ моль} / \text{дм}^3.$$

Дано:

$$C(HI) = 0,003 \text{ моль} / \text{дм}^3$$

$$C_{\text{экв}}(NH_4OH) = 0,2 \text{ моль} / \text{дм}^3$$

Найти: 1) $pH(HI) = ?$ $pOH(HI) = ?$

2) $pH(NH_4OH) = ?$ $pOH(NH_4OH) = ?$

Решение:

1) Иодоводородная кислота HI – сильная кислота и полностью диссоциирует на ионы по уравнению:



Поэтому концентрация ионов водорода равна концентрации иодоводородной кислоты, т.е. $[H^+] = 0,003 \text{ моль} / \text{дм}^3$.

Водородный показатель (pH) – десятичный логарифм молярной концентрации ионов H^+ , взятый с обратным знаком:

$$pH = -\lg[H^+]$$

$$pH(HI) = -\lg 0,003 = 2,52$$

Гидроксильный показатель (pOH) – десятичный логарифм молярной концентрации ионов OH^- , взятый с обратным знаком:

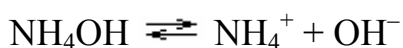
$$pOH = -\lg[OH^-]$$

Связь pH и pOH :

$$pH + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 14 - pH$$

$$pOH(HI) = 14 - pH(HI) = 14 - 2,52 = 11,48$$

2) Гидроксид аммония NH_4OH – слабый электролит.



Степень диссоциации гидроксида аммония определяем из закона разбавления Оствальда:

$$K_{\delta} \approx \alpha^2 C_M$$

где K_{δ} – константа диссоциации слабого электролита; C_M – молярная концентрация слабого электролита.

Отсюда степень диссоциации:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\delta}}{C_M}}$$

Концентрация гидроксид-ионов:

$$[OH^-] = \alpha \cdot C_M = \sqrt{\frac{K_{\delta}}{C_M}} \cdot C_M = \sqrt{K_{\delta} C_M}$$

$$[OH^-] = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ моль / дм}^3$$

$$pOH(NH_4OH) = -\lg(1,9 \cdot 10^{-3}) = 2,72$$

$$pH(NH_4OH) = 14 - pOH(NH_4OH) = 14 - 2,72 = 11,28$$

Ответ: 1) $pH = 2,52$; $pOH(HI) = 11,48$;

2) $pOH(NH_4OH) = 2,72$; $pH(NH_4OH) = 11,28$.

242. Произведение растворимости хлорида свинца (II) при 25°C равно $1,7 \cdot 10^{-5}$. Вычислите растворимость этой соли в моль/дм³ и г/дм³.

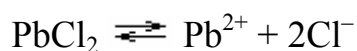
Дано:

$$PP(PbCl_2) = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

Найти: $P = ? P_m = ?$

Решение:

Равновесие в насыщенном растворе хлорида свинца (II):



осадок ионы в растворе

Обозначим растворимость $PbCl_2$ в моль/дм³ – P , тогда концентрации

ионов:

$$[Pb^{2+}] = P \text{ моль / дм}^3$$

$$[Cl^-] = 2P \text{ моль / дм}^3$$

Произведение растворимости:

$$PP = [Pb^{2+}] \cdot [Cl^-]^2 = P \cdot (2P)^2 = 4P^3$$

Отсюда:

$$P = \sqrt[3]{\frac{PP}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{4}} = 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ моль / дм}^3$$

Молярная масса хлорида свинца (II):

$$M(PbCl_2) = 207,2 + 2 \cdot 35,45 = 278,1 \text{ г / моль}$$

Растворимость соли в г/дм³:

$$\begin{aligned} P_m &= P \cdot M(PbCl_2) = \\ &= 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ моль / дм}^3 \cdot 278,1 \text{ г / моль} = 4,505 \text{ г / дм}^3 \end{aligned}$$

Ответ: $P = 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ моль / дм}^3$; $P_m = 4,505 \text{ г / дм}^3$.

279. Вычислите значение pH водного раствора карбоната натрия с молярной концентрацией эквивалентов $0,02 \text{ моль/дм}^3$, учитывая только первую степень гидролиза.

Дано:

$$C_{\text{экв}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,02 \text{ моль / дм}^3$$

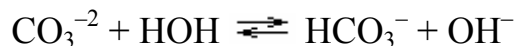
Найти: $pH = ?$

Решение:

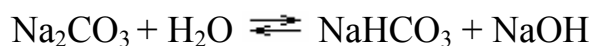
Карбонат натрия Na_2CO_3 – соль сильного основания NaOH и слабой кислоты H_2CO_3 , поэтому гидролиз идет по аниону.

1 степень:

Молекулярно-ионное уравнение реакции:



Молекулярное уравнение реакции:



Учитывая, что число эквивалентности карбоната натрия равно 2 (произведение валентности металла на число его атомов в молекуле соли), рассчитаем молярную концентрацию раствора карбоната натрия:

$$C_M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{C_{\text{экв}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{z} = \frac{0,02 \text{ моль / дм}^3}{2} = 0,01 \text{ моль / дм}^3$$

Формула для нахождения константы гидролиза:

$$K_\Gamma = \frac{K_B}{K_K} \quad (1)$$

где $K_B = 10^{-14}$ – ионное произведение воды; K_K – константа диссоциации слабой кислоты.

Связь степени гидролиза h с константой гидролиза:

$$K_\Gamma = h^2 \cdot C_M \quad (2)$$

где C_M – молярная концентрация соли.

$$\text{Из (2): } h = \sqrt{\frac{K_\Gamma}{C_M}} = \sqrt{\frac{K_B}{K_K C_M}} \quad (3)$$

Концентрация гидроксид-ионов:

$$[OH^-] = h \cdot C_M = \sqrt{\frac{K_B}{K_K C_M}} \cdot C_M = \sqrt{\frac{K_B C_M}{K_K}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 0,01}{4,7 \cdot 10^{-11}}} = 1,46 \cdot 10^{-3}$$

где K_K – константа диссоциации угольной кислоты по второй ступени.

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg(1,46 \cdot 10^{-3}) = 2,84$$

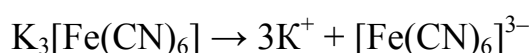
$$pH = 14 - pOH = 14 - 2,84 = 11,16$$

Ответ: $pH = 11,16$.

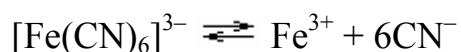
282. Напишите уравнения диссоциации комплексных соединений в водных растворах: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$; $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Составьте выражения общих констант нестойкости их комплексных ионов. Какой из комплексных ионов является более прочным?

Решение:

Комплексные электролиты полностью диссоциируют на комплексный ион и ионы внешней сферы (первичная диссоциация):



В свою очередь комплексный ион диссоциирует незначительно и обратимо (вторичная диссоциация):



Выражение для общих констант нестойкости комплексных ионов:

$$K_{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}}^H = \frac{[\text{Co}^{3+}] \cdot [\text{NH}_3]^6}{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}}$$

$$K_{[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}}^H = \frac{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{CN}^-]^6}{[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}}$$

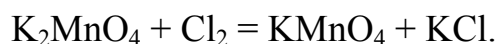
Значения общих констант нестойкости:

$$K_{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}}^H = 3,1 \cdot 10^{-33}$$

$$K_{[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}}^H = 1,3 \cdot 10^{-31}$$

Чем меньше значение константы нестойкости, тем более прочен данный комплекс. Поэтому более прочным является комплекс $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$.

319. Используя метод электронного баланса, расставьте коэффициенты в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:

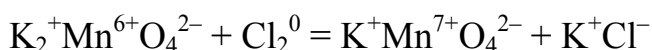


Укажите окислитель и восстановитель.

Решение:

Восстановители – это частицы (атомы, молекулы, ионы) которые отдают электроны, сами при этом они окисляются. Окислители – это частицы, которые принимают электроны, сами при этом они восстанавливаются.

1. Определяем степени окисления атомов всех элементов в исходных веществах и продуктах реакции:

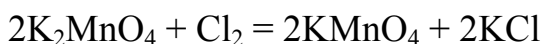


2. Находим элементы, атомы которых изменяют степени окисления: хлор Cl и марганец Mn.

3. Определяем окислитель и восстановитель. Записываем электронные схемы окисления и восстановления. Определяем процессы окисления и восстановления. Подбираем коэффициенты, на которые следует умножить уравнения электронного баланса перед их суммированием.



4. Расставляем коэффициенты в уравнении реакции, соответствующие числу электронов, участвующих в процессе. Далее уравниваем число атомов, не участвующих в окислении-восстановлении:



Проверку правильности расстановки коэффициентов осуществляем подсчетом общего числа атомов кислорода слева и справа:

$$2 \cdot 4 = 2 \cdot 4; 8 = 8.$$

322. Напишите уравнения катодного и анодного процессов, протекающих при электролизе хлорида золота (III) на графитовых электродах.

Вычислите массу веществ, выделившихся на электродах при пропускании тока силой 2 А через раствор вещества хлорида золота в течение 1 часа. Если в результате электролиза на электродах выделяются газы, то вычислите объем газа при н.у.

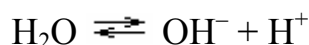
Дано:

$$I = 2 \text{ A}$$

$$\tau = 1 \text{ час} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$$

Найти: $m(\text{Au}) = ?$ $m(\text{Cl}_2) = ?$ $V(\text{Cl}_2) = ?$

Решение: Рассмотрим электролиз хлорида золота (III) AuCl_3 с графитовыми электродами. В водном растворе хлорида золота (III) протекают два процесса диссоциации:



Катионы золота, имеющие больший стандартный электродный потенциал $E_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^0 = +1,50 \text{ В}$, чем у водорода $E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0$, при электролизе практически полностью восстанавливаются на катоде. На инертном (графитовом) аноде протекает процесс окисления хлора.



По законам Фарадея масса выделившихся на электродах веществ (m) определяется по формуле

$$m = \frac{M_{\text{эkv}} \cdot I \cdot t}{F}$$

где $M_{\text{эkv}}$ – молярная масса эквивалента вещества, г/моль; I – сила тока, А; t – продолжительность электролиза, с; F – число Фарадея (96500 Кл/моль).

или для выделившегося газа:

$$V = \frac{V_{\text{экв}} \cdot I \cdot t}{F}$$

где $V_{\text{экв}}$ – молярный объем эквивалента газа, л/моль.

Масса выделившегося золота:

$$m(\text{Au}) = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Au}) \cdot I \cdot t}{F} = \frac{65,7 \cdot 2 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{96500} = 4,9 \text{ г}$$

где $M_{\text{экв}}(\text{Au}) = \frac{M(\text{Au})}{3} = \frac{197 \text{ г/моль}}{3} = 65,7 \text{ г/моль}$ – молярная масса

эквивалента золота.

Масса выделившегося хлора:

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Cl}_2) \cdot I \cdot t}{F} = \frac{35,5 \cdot 2 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{96500} = 2,6 \text{ г}$$

где $M_{\text{экв}}(\text{Cl}_2) = \frac{M(\text{Cl}_2)}{2} = \frac{71 \text{ г/моль}}{2} = 35,5 \text{ г/моль}$ – молярная масса

эквивалента хлора.

Объем выделившегося хлора:

$$V(\text{Cl}_2) = \frac{V_{\text{экв}}(\text{Cl}_2) \cdot I \cdot t}{96500} = \frac{11,2 \cdot 2 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{96500} = 0,84 \text{ л}$$

где $V_{\text{экв}}(\text{Cl}_2)$ – молярный объем эквивалента хлора.

Ответ: $m(\text{Au}) = 4,9 \text{ г}$; $m(\text{Cl}_2) = 2,6 \text{ г}$; $V(\text{Cl}_2) = 0,84 \text{ л}$.

Список использованной литературы

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: учебник / Н.С. Ахметов. – М.: Высшая школа, 1998. – 743 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия: учебник / Н.Л. Глинка; Под ред. В.А. Попокова, А.В. Бабкова. – М: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011. – 886 с.
3. Коровин Н.В. Общая химия: Учебник для студентов вузов, обуч. по техническим направлениям и спец. / Н.В. Коровин. – М.: Высш. шк.; 2009. – 559 с.
4. Химия: учебник / Ф.Ф. Гуров, Ф.З. Бадаев, Л.П. Овчаренко, В.Н. Шаповал. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 748 с.
5. Хомченко И.Г. Общая химия: учебник / И.Г. Хомченко. – М.: Новая волна, 1997. – 464 с.