

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Закон эквивалентов

На восстановление 7,09 г оксида двухвалентного металла требуется 2,24 дм³ водорода (н.у.). Вычислите эквивалентную массу оксида и эквивалентную массу металла. Чему равна атомная масса металла?

Решение. Согласно закону эквивалентов, массы реагирующих друг с другом веществ m_1 и m_2 пропорциональны их эквивалентным массам:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m_{\text{э}_1}}{m_{\text{э}_2}};$$

$$\frac{m_{\text{MeO}}}{m_{\text{э}_{\text{MeO}}}} = \frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{э}_{\text{H}_2}}}.$$

Если одно из веществ находится в газообразном состоянии, то его количество измеряется в объемных единицах. Мольный объем любого газа при н.у. равен 22,4 дм³. Эквивалентный объем водорода, молекула которого состоит из двух атомов, равен:

$$22,4 \text{ дм}^3 : 2 = 11,2 \text{ дм}^3.$$

Поэтому:

$$\frac{m_{\text{MeO}}}{m_{\text{э}_{\text{MeO}}}} = \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{э}_{\text{H}_2}}},$$

$$\frac{7,09}{m_{\text{э}_{\text{MeO}}}} = \frac{2,24}{11,2},$$

$$m_{\text{э}_{\text{MeO}}} = \frac{7,09 \cdot 11,2}{2,24} = 35,45 \text{ г / моль}.$$

Согласно закону эквивалентов:

$$m_{\text{э}_{\text{MeO}}} = m_{\text{э}_{\text{Me}}} + m_{\text{э}_{\text{O}_2}},$$

$$m_{\text{э}_{\text{Me}}} = m_{\text{э}_{\text{MeO}}} - m_{\text{э}_{\text{O}_2}} = 35,45 - 8 = 27,45 \text{ г / моль},$$

$$m_{\text{э}_{\text{Me}}} = \frac{A}{B},$$

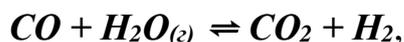
где: A – мольная масса металла; B – валентность металла.

$$A = m_{\text{э}_{\text{Me}}} \cdot B = 27,45 \cdot 2 = 54,9 \text{ г / моль}.$$

Так как атомная масса в а.е.м. численно равна мольной массе, выраженной в г/моль, то искомая масса металла 54,9 а.е.м.

Химическая кинетика и равновесие

Вычислите константу равновесия для обратимой реакции



исходя из того, что при состоянии равновесия $[CO] = 0,004$ моль/ дм³,
 $[H_2O_{(g)}] = 0,064$ г/моль, $[CO_2] = [H_2] = 0,016$ моль/ дм³.

Решение. Запишем выражение для вычисления константы равновесия:

$$K = \frac{[CO_2] \cdot [H_2]}{[CO] \cdot [H_2O]}$$

$$K = \frac{0,016 \cdot 0,016}{0,004 \cdot 0,064} = 1.$$

Растворы неэлектролитов

Какой объем воды необходимо прибавить к 200 мл 30%-ного (по массе) раствора $NaOH$ ($\rho=1,33$ г/см³) для получения 10%-ного раствора щелочи?

Решение. Масса 200 см³ раствора $NaOH$ равна $200 \cdot 1,33 = 266$ г. В этом растворе содержится 30% $NaOH$, т.е. $266 \cdot 0,3 = 79,8$ г. По условию задачи эта масса составит 10% от общей массы разбавленного раствора. Масса полученного раствора $(79,8/10) \cdot 100 = 798$ г. Следовательно, к исходному раствору необходимо прибавить $798 - 266 = 532$ г воды.

Определите моляльность, нормальность и молярность 15%-ного (по массе) раствора H_2SO_4 ($\rho=1,10$ г/см³).

Решение. Для вычисления моляльности найдем массу серной кислоты, приходящей на 1000 г воды:

$$1000 : 85 = x : 15;$$

$$x = 15 \cdot 1000/85 = 176,5 \text{ г.}$$

Мольная масса H_2SO_4 равна 98 г/моль; следовательно,

$$C_m = 176,5/98 = 1,80 \text{ моль/кг } H_2O.$$

Для расчета нормальности и молярности раствора найдем массу серной кислоты, содержащуюся в 1000см^3 , т.е. в $1000 \cdot 1,1 = 1100 \text{ г}$ раствора:

$$1100 : 100 = y : 15 \quad y = 1100 \cdot 15/100 = 165 \text{ г.}$$

Эквивалентная масса серной кислоты равна 49 г/моль. Следовательно,

$$C_n = 165/49 = 3,37 \text{ экв/дм}^3; \quad C_m = 165/98 = 1,68 \text{ моль/дм}^3.$$

Растворы электролитов

Вычислите концентрацию ионов водорода в 0,1М растворе хлорноватистой кислоты $HOCl$ ($K=5 \cdot 10^{-8}$).

Решение. Найдем степень диссоциации $HOCl$:

$$\alpha = \sqrt{K/C_M} = \sqrt{5 \cdot 10^{-8}/0,1} = 7 \cdot 10^{-4},$$

$$[H^+] = \alpha \cdot C_M = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Задачу можно решить другим способом, воспользовавшись соотношением:

$$[H^+] = \sqrt{K \cdot C}.$$

Тогда:

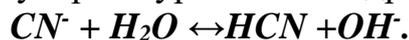
$$[H^+] = \sqrt{5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Гидролиз солей

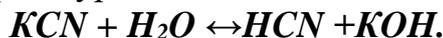
Составьте ионно-молекулярное и молекулярное уравнения гидролиза цианида калия. Определите реакцию (рН) раствора соли.

Решение. Цианид калия KCN – соль слабой одноосновной кислоты и сильного основания. При растворении в воде молекулы KCN полностью диссоциируют на катионы K^+ и анионы CN^- . Ионы K^+ не могут связывать ионы OH^- , которые образуются при диссоциации воды, так как KOH – сильное основание (степень диссоциации равна 1). Анионы CN^- связывают катионы H^+ , образуя слабодиссоциированные молекулы синильной кислоты HCN ($K_{\text{дисс.}} = 7,2 \cdot 10^{-2}$).

Ионно-молекулярное уравнение гидролиза:



Молекулярное уравнение:



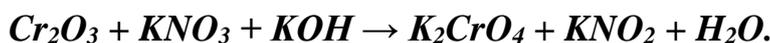
В результате гидролиза появляется избыток ионов OH^- , что дает щелочную реакцию среды ($pH > 7$).

Окислительно-восстановительные реакции

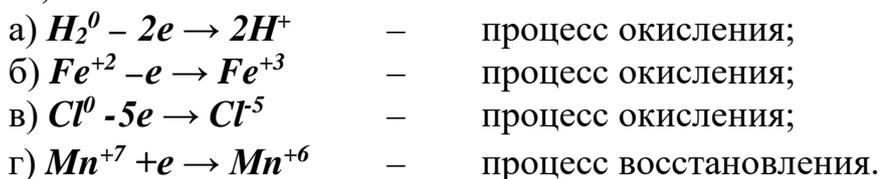
Составьте электронные уравнения и укажите, какой процесс – окисления или восстановления – происходит при следующих превращениях:



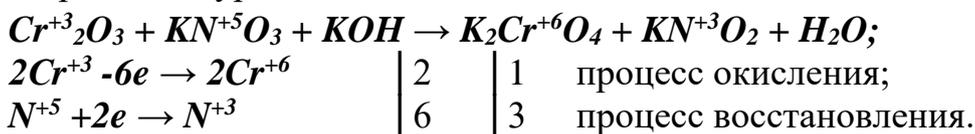
На основании электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении окислительно-восстановительной реакции, укажите окислитель и восстановитель:



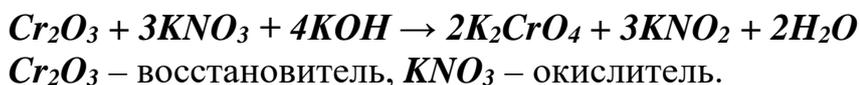
Решение. Окисление – процесс отдачи электронов, при котором степень окисления элемента повышается, а восстановление – процесс присоединения электронов, приводящий к понижению степени окисления. Вещество, в состав которого входит окисляющий элемент, называется восстановителем, а вещество, в состав которого входит восстанавливающий элемент, называется окислителем.



Для определения коэффициентов в окислительно-восстановительном уравнении определим элементы, меняющие степени окисления, и отразим это электронными уравнениями:



Общее число электронов, отданных восстановлением, должно быть равно числу электронов, которые присоединяет окислитель. Коэффициенты перед веществами, не меняющими степень окисления, находим методом подбора.



Гальванический элемент

Составьте схему гальванического элемента, содержащего электроды Cd^{2+}/Cd и Cu^{2+}/Cu . Вычислите э.д.с. (E) гальванического элемента, если $[Cd^{2+}] = 1$ моль/ дм³, $[Cu^{2+}] = 0,01$ моль/ дм³. Запишите уравнения процессов, происходящих на электродах.

Решение. Стандартные потенциалы электродов:

$$\varepsilon_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,40B;$$

$$\varepsilon_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,34B.$$

Схема гальванического элемента:

Анод (-) $Cd | Cd^{2+} || Cu^{2+} | Cu$ (+) Катод

$$E = \varepsilon_{Cu^{2+}/Cu} - \varepsilon_{Cd^{2+}/Cd}.$$

При концентрации ионов $[Cd^{2+}] = 1$ моль/ дм³ $\varepsilon_{Cd^{2+}/Cd}$ равен стандартному электродному потенциалу кадмия, т.е. -0,4В.

Электродные потенциалы рассчитываются по формуле Нернста:

$$\varepsilon = \varepsilon^0 + (0,058/z) \cdot \lg[Me^{z+}],$$

где ε^0 – стандартный электродный потенциал металла;

z – заряд иона металла;

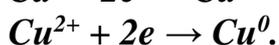
$[Me^{z+}]$ – концентрация ионов металла, моль/ дм³.

$$\varepsilon_{Cu^{2+}/Cu} = 0,34 + (0,058/2) \cdot \lg 10^{-2} = 0,282B.$$

$$\varepsilon_{Cd^{2+}/Cd} = -0,40 + (0,058/2) \cdot \lg 1 = -0,40B.$$

$$E = 0,282 - (-0,40) = 0,682B.$$

Электронные уравнения процессов, происходящих на электродах:

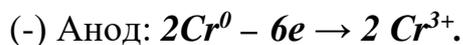


Коррозия металлов

Хром находится в контакте с медью. Какой металл будет окисляться при коррозии, если эта пара металлов попадет в кислую среду (HCl)? Составьте схему образующегося при этом гальванического элемента.

Решение. Исходя из положения металлов в ряду напряжений, находим, что хром является более активным металлом ($\varepsilon_{Cr^{3+}/Cr}^0 = -0,74B$) и в

образующейся гальванической паре будет анодом. Медь является катодом ($\varepsilon_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337В$). Хромовый анод растворяется, а на медном катоде выделяется водород. Схема гальванического элемента:



Электролиз

Ток силой 6 А пропускали через водный раствор серной кислоты в течение 1,5 ч. Вычислите массу разложившейся воды и объем выделившихся кислорода и водорода (условия нормальные).

Решение. Массу разложившейся воды находим из уравнения закона Фарадея, учитывая, что эквивалентная масса воды:

$$m_{H_2O} = \frac{M}{2} = \frac{18}{2} = 9г / моль$$

$$m_{H_2O} = I \cdot t \cdot m_e / F = 9г / моль \cdot 5400с \cdot 6А / 96500Кл = 3,02г.$$

Объемы выделившихся газов рассчитываем по уравнению:

$$V = I \cdot t \cdot V_e / F ,$$

где V_e – эквивалентный объем газа, $дм^3/моль$.

Поскольку при нормальных условиях эквивалентный объем водорода равен $11,2 дм^3/моль$, а кислорода – $5,6 дм^3/моль$:

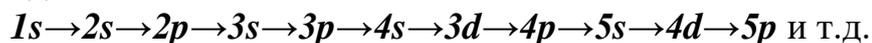
$$V_{H_2} = \frac{11,2 \cdot 6 \cdot 5400}{96500} = 3,76л$$

$$V_{O_2} = \frac{5,6 \cdot 6 \cdot 5400}{96500} = 1,88л.$$

Строение атома

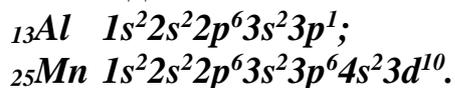
Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 13 и 25. К какому электронному семейству относятся элементы?

Решение. Заполнение энергетических уровней и подуровней идет в следующей последовательности:



Максимальное число электронов, находящееся на подуровне: $s^2p^6d^{10}$.

Так как число электронов равно его порядковому номеру в таблице Д.И.Менделеева, то для элементов №13 (*Al*) и №25 (*Mn*) электронные формулы имеют вид:



У атома алюминия не заполнен *p*-подуровень, поэтому алюминий относится к *p*-элементам. У атома марганца не заполнен *d*-подуровень, поэтому марганец относится к *d*-элементам.

Комплексные соединения

Вычислите заряды следующих комплексных ионов, образованных хромом (III): а) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]$; б) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]$; в) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{SO}_4)_2]$.

Решение. Заряд иона хрома (III) принимаем равным +3, заряд молекулы воды равен нулю, заряды хлорид- и сульфат-ионов соответственно равны -1 и -2. Составляем алгебраические суммы зарядов для каждого из указанных соединений: а) $+3 + (-1) = +2$; б) $+3 + 2(-1) = +1$; в) $+3 + 2(-2) = -1$.

