

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

РАВНОВЕСНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к самостоятельной работе студентов

**Нижекамск
2013**

УДК 544.65
С 24

Печатаются по решению редакционно–издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Минигалиев Т.Б., кандидат технических наук, доцент;

Вдовина С.В., кандидат химических наук, доцент.

Сафиуллина, Т.Р.

С 24 Равновесные электродные процессы : методические указания к самостоятельной работе студентов / Т.Р. Сафиуллина, Э.Н. Нуриева. - Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 76 с.

Изложены основные сведения о гальванических элементах и электродах. Содержат задания по разделу физической химии «Равновесные электродные процессы». Представлены алгоритмы решений предлагаемых задач.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям и направлениям технологического профиля.

Подготовлены на кафедре химии Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

УДК 544.65

© Сафиуллина Т.Р., Нуриева Э.Н., 2013

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013

I. Теоретическая часть

Электрохимия – это раздел физической химии, изучающей взаимное превращение химической энергии в электрическую и наоборот.

Электрохимия делится на два типа:

I тип – равновесная электрохимия. Изучает процессы превращения химической энергии в электрическую;

II тип – неравновесная электрохимия. Изучает протекание химической реакции под действием электрического тока (электролиз).

1. Гальванический элемент

В электрическую энергию можно превратить энергию только окислитель - восстановительного процесса.

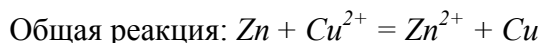
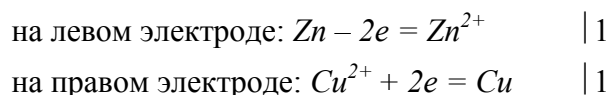
Гальванический элемент – это устройство, в котором происходит превращение химической энергии в электрическую. Он состоит из двух электродов, на одном из которых всегда идет процесс окисления (отрицательный электрод), на другом – процесс восстановления (положительный электрод).

Для гальванического элемента принята следующая форма записи (на примере элемента Даниэля - Якоби):



где вертикальная линия | обозначает границу раздела фаз, а двойная вертикальная линия || - солевой мостик. Гальванический элемент принято записывать так, чтобы отрицательный электрод находился слева.

Напишем электродные полуреакции отрицательного и положительного электрода при работе гальванического элемента:



ЭДС гальванического элемента, в котором протекает окислительно-восстановительная реакция (ОВР) $aA + bB = cC + dD$, рассчитывается по формуле Нернста:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{a_A^a \cdot a_B^b}{a_C^c \cdot a_D^d}, \quad (1)$$

где E^0 - стандартная ЭДС гальванического элемента при активностях всех участников ОВР равных единице; T - абсолютная температура; n - число электронов, участвующих в ОВР; R - универсальная газовая постоянная; F - постоянная Фарадея; a_A^a, a_B^b - активности исходных веществ окислительно-восстановительной реакции в данный момент времени; a_C^c, a_D^d - активности продуктов ОВР в данный момент времени; a, b, c, d - соответствующие стехиометрические коэффициенты ОВР.

При 25°C

$$E = E^0 + \frac{0,0257}{n} \cdot \ln \frac{a_A^a \cdot a_B^b}{a_C^c \cdot a_D^d} = E^0 + \frac{0,0592}{n} \cdot \lg \frac{a_A^a \cdot a_B^b}{a_C^c \cdot a_D^d}. \quad (2)$$

Стандартная ЭДС E^0 равна разности стандартных электродных потенциалов положительного (φ_+^0) и отрицательного (φ_-^0) электродов

$$E^0 = \varphi_+^0 - \varphi_-^0. \quad (3)$$

Стандартные электродные потенциалы измеряются относительно стандартного водородного электрода, потенциал которого принят равным нулю. Значения стандартных электродных потенциалов приведены в справочнике [1].

ЭДС элемента в условиях, отличных от стандартных, также можно рассчитать как разность потенциалов положительного и отрицательного электродов:

$$E = \varphi_+ - \varphi_-, \quad (4)$$

Потенциал этих электродов вычисляются по уравнению Нернста:

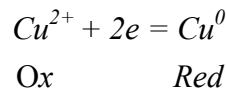
$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}, \quad (5)$$

где a_{ox} и a_{red} - активности окисленной и восстановленной форм вещества, участвующие в полуреакции; φ^0 - стандартный потенциал электрода (при $a_{ox}=a_{red}=1$); n - число электронов, участвующих в полуреакции; R - универсальная газовая постоянная; T - абсолютная температура; F - постоянная Фарадея.

При 25 °С

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,0257}{n} \cdot \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}} = \varphi^0 + \frac{0,0592}{n} \cdot \lg \frac{a_{ox}}{a_{red}}. \quad (6)$$

Например, для медного электрода, являющегося положительным электродом в элементе Даниеля-Якоби, выражение для потенциала запишется следующим образом:



$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{Cu}^{2+}}}{a_{\text{Cu}^0}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{Cu}^{2+}} \cdot (7)$$

Так как «концентрация» меди в твердой пластине остаётся постоянной, поэтому её можно исключить из уравнения, приняв равной единице ($a_{\text{Cu}^0} = 1$).

ЭДС элемента связана с энергией Гиббса ΔG реакции, протекающей в элементе:

$$\Delta G = -nFE \quad (8)$$

Зная стандартную ЭДС, можно рассчитать константу равновесия протекающей в элементе реакции:

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^0}{RT} = \frac{nFE^0}{RT}, \quad (9)$$

Зная температурный коэффициент ЭДС dE/dT , можно рассчитать следующие термодинамические функции:

а) энтропию

$$\Delta S = -\left[\frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right]_p = nF \frac{dE}{dT}, \quad (10)$$

б) энтальпию

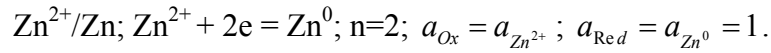
$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S = -nFE + nFE \frac{dE}{dT}. \quad (11)$$

2. Классификация электродов

Выражение потенциала электрода

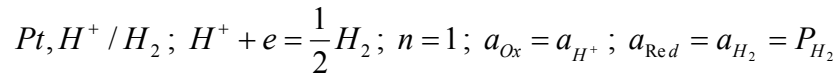
1. К электродам I рода относятся электроды, потенциал которых зависит от активности либо аниона, либо катиона.

а) Цинковый электрод



$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{\text{Zn}^{2+}}. \quad (12)$$

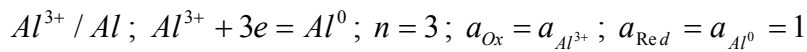
б) Водородный электрод



$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = \varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{H}^+}}{\sqrt{P_{\text{H}_2}}} = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{H}^+}}{\sqrt{P_{\text{H}_2}}}, \quad (13)$$

т.к. $\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0 \text{ В}$.

в) Алюминиевый электрод



$$\varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = \varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 + \frac{RT}{3F} \ln a_{\text{Al}^{3+}}. \quad (14)$$

2. Электроды II рода представляют собой металл, покрытый слоем малорастворимой соли этого металла и погруженный в раствор хорошо растворимой соли, имеющей общий анион с малорастворимой солью. Потенциал этих электродов зависит от активности как катиона, так и аниона.

а) Каломельный электрод $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$. На нем идёт электродная реакция



Потенциал этого электрода, выраженный через активность катиона, запишется следующим образом:

$$\varphi_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}} = \varphi_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{\text{Hg}_2^{2+}}. \quad (15)$$

Выразим активность катиона через произведение растворимости Hg_2Cl_2 . $PP_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2} = a_{\text{Hg}_2^{2+}} \cdot a_{\text{Cl}^-}^2$.

Отсюда $a_{\text{Hg}_2^{2+}} = \frac{PP_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}}{a_{\text{Cl}^-}^2}$. Подставим это выражение в уравнение (15) и получим выражение для потенциала каломельного электрода, обратимого относительно аниона:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{Cl}^- / \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}} &= \varphi_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{PP_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}}{a_{\text{Cl}^-}^2} = \\ &= \varphi_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln PP_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2} - \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{Cl}^-}^2 = \\ &= \varphi_{\text{Cl}^- / \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}}^0 - \frac{RT}{F} \cdot \ln a_{\text{Cl}^-} \end{aligned} \quad (16)$$

где $\varphi_{\text{Cl}^- / \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}}^0 = \varphi_{\text{Hg}_2^{2+} / \text{Hg}}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln PP_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}$

б) Хлорсеребряный электрод $\text{Ag}, \text{AgCl} | \text{Cl}^-$. На нем идёт электродная реакция $\text{AgCl} + e = \text{Ag} + \text{Cl}^-$; $n = 1$.

$$\varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}} = \varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}}^0 + \frac{RT}{F} \cdot \ln a_{\text{Ag}^+}, \quad (17)$$

$$PP_{AgCl} = a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-} \Rightarrow a_{Ag^+} = \frac{PP_{AgCl}}{a_{Cl^-}}$$

$$\varphi_{Cl^- / AgCl, Ag} = \varphi_{Cl^- / AgCl, Ag}^0 - \frac{RT}{F} \cdot \ln a_{Cl^-}, \quad (18)$$

где $\varphi_{Cl^- / AgCl, Ag}^0 = \varphi_{Ag^+ / Ag}^0 + \frac{RT}{F} \cdot \ln PP_{AgCl}$

Электроды II рода отличаются постоянством потенциала и поэтому употребляются в качестве электродов сравнения.

3. Окислительно-восстановительные электроды (редокси-электроды) представляют собой инертный металл, погруженный в раствор, содержащий окисленную и восстановленную формы вещества. Уравнение Нернста для данных электродов имеет вид

$$\varphi_{Red, Ox} = \varphi_{Red, Ox}^0 + \frac{RT}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{Ox}}{a_{Red}}, \quad (19)$$

где a_{Ox} - активность окисленного иона; a_{Red} - активность восстановленного иона.

а) Простые редокси-электроды $Fe^{3+}, Fe^{2+} / Pt$:

$$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}; \quad n = 1; \quad a_{Red} = a_{Fe^{2+}}; \quad a_{Ox} = a_{Fe^{3+}}$$

$$\varphi_{Fe^{3+}, Fe^{2+}} = \varphi_{Fe^{3+}, Fe^{2+}}^0 + \frac{RT}{F} \cdot \ln \frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}}. \quad (20)$$

б) Сложные редокси-электроды $MnO_4^-, Mn^{2+}, H^+ / Pt$:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O; \quad n = 5;$$

$$\varphi_{MnO_4^-, Mn^{2+}, H^+} = \varphi_{MnO_4^-, Mn^{2+}, H^+}^0 + \frac{RT}{5F} \cdot \ln \frac{a_{MnO_4^-} \cdot a_{H^+}^8}{a_{Mn^{2+}}}. \quad (21)$$

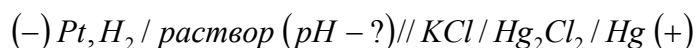
Активность молекул воды можно принять равной единице, т.к. её концентрация практически не изменяется в результате электрохимического процесса.

3. Потенциометрия. Определение pH растворов водородным и стеклянным электродами

Потенциометрией называется физико-химический состав исследования и электрохимический метод инструментального анализа, основанный на зависимости электродного потенциала или ЭДС элемента от состава раствора. Потенциометрия применяется для определения термодинамических характеристик реакций, стандартных электродных потенциалов, активности и коэффициентов активности электролитов, водородного показателя, концентраций растворов (потенциометрическое титрование) и т.д.

К числу наиболее распространённых приложений потенциометрии относятся задачи по определению pH растворов. В качестве индикаторных используют водородный и стеклянный электроды. Электродами сравнения служат хлорсеребряный или каломельный электроды, потенциалы которых хорошо воспроизводимы и устойчивы во времени.

При измерениях с водородным электродом ЭДС элемента



равна

$$E = \varphi_{к.э} - \varphi_{H^+ / H_2, Pt} \quad (22)$$

Подставляя сюда выражение для потенциала водородного электрода (13) с постоянным давлением водорода равным 0,1301 МПа, получим следующее выражение:

$$pH = -\lg a_{H^+} = \frac{F}{2,303 \cdot RT} \cdot (E - \varphi_{к.э}), \quad (23)$$

где $\varphi_{к.э}$ - потенциал электрода сравнения, в данном случае - каломельного электрода.

Устройство стеклянного электрода несколько сложнее, чем водородного. Он представляет собой небольшой тонкостенный шарик, выдутый на конце трубки из специального сорта стекла. Внутри шарика наливается буферный раствор или 0,1 н раствор HCl и погружается хлорсеребряный электрод миниатюрных размеров. Собранный таким образом электрод опускается в раствор, активную кислотность которого нужно определить.

Потенциал стеклянного электрода определяется измерением ЭДС цепи, состоящей из внешнего электрода сравнения, например каломельного, и стеклянного:



| _____ стеклянный электрод _____ |

ЭДС этой цепи равна $E = \varphi_{к.э} - \varphi_{ст}$, где $\varphi_{к.э}$ - потенциал каломельного электрода, $\varphi_{ст}$ - потенциал стеклянного электрода.

Подставим выражение для потенциала стеклянного электрода в это соотношение и получим:

$$E = \varphi_{к.э} - \varphi_{см}^0 + \frac{2,303 \cdot RT}{F} \cdot pH. \quad (24)$$

Постоянная стеклянного электрода $\varphi_{см}^0$ включает постоянные скачки потенциалов стекло – исследуемый раствор, стекло – стандартный (буферный) раствор и скачок потенциала внутреннего электрода. $\varphi_{см}^0$ определяется путем калибровки стеклянного электрода по буферным растворам.

При известной величине $\varphi_{см}^0$ может быть вычислен pH :

$$pH = \frac{F}{2,303 \cdot RT} \cdot (E + \varphi_{см}^0 - \varphi_{к.э}). \quad (25)$$

II. Алгоритмы решения задач

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $Li|Li^+||Ag^+|Ag$, если для электрода $Li|Li^+$ $\varphi^0 = -3,045 B$, а для электрода $Ag^+|Ag$ $\varphi^0 = +0,799 B$. Укажите полюсы элемента.

Решение: Сравним значения стандартных потенциалов литиевого и серебряного электродов. Очевидно, что у серебряного электрода потенциал больше, поэтому он будет являться положительным электродом, а литиевый электрод - отрицательным. Напишем схему гальванического элемента:



Стандартную ЭДС (E^0) вычисляем по формуле (3):

$$E^0 = \varphi_{Ag^+ / Ag}^0 - \varphi_{Li^+ / Li}^0 = 0,799 - (-3,045) = 3,844 B$$

Ответ: $E^0 = 3,844 B$

Задача 2. На никелевом электроде протекает реакция $Ni^{2+} + 2e = Ni^0$ со значением стандартного потенциала $\varphi^0 = -0,250$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 363$ К, если моляльная концентрация $NiSO_4$ равна 0,2 моль/кг, а коэффициент активности $\gamma = 0,105$.

Решение: Значение потенциала рассчитываем по уравнению Нернста (формула 5):

$$\begin{aligned} \varphi_{Ni^{2+}/Ni} &= \varphi_{Ni^{2+}/Ni}^0 + \frac{RT}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{Ni^{2+}} = \\ &= -0,250 + \frac{8,314 \cdot 363}{2 \cdot 96500} \cdot \ln(0,105 \cdot 0,2) = -0,310 \text{ В} \end{aligned}$$

Здесь $a_{Ni^{2+}} = \gamma_{Ni^{2+}} \cdot m_{Ni^{2+}}$, где $\gamma_{Ni^{2+}}$ - коэффициент активности ионов никеля в растворе электролита, $m_{Ni^{2+}}$ - моляльная концентрация ионов никеля.

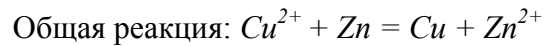
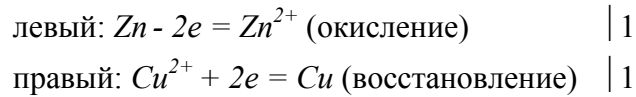
Ответ: $\varphi_{Ni^{2+}/Ni} = -0,310$ В.

Задача 3. В гальваническом элементе идёт реакция $Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 290$ К, если моляльные концентрации электролитов $ZnSO_4$ и $CuSO_4$ равна 0,1 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из [1].

Решение: Элемент, в котором протекает данная реакция, состоит из медного и цинкового электродов. Напишем схему элемента:



Чтобы определить полюсы элемента, нужно найти в справочнике [1] значения стандартных потенциалов этих электродов. Находим, что $\varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,763 \text{ В}$, $\varphi_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337 \text{ В}$. Определяем, что медный электрод - положительный, цинковый - отрицательный.



В справочнике [1, стр.130-131] находим коэффициенты активностей электролитов соответствующей концентрации: $\gamma_{ZnSO_4} = 0,15$; $\gamma_{CuSO_4} = 0,154$.

ЭДС элемента рассчитываем по формуле (1):

$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{Cu^{2+}} \cdot a_{Zn}}{a_{Zn^{2+}} \cdot a_{Cu}}$$

Так как активности твёрдых веществ Zn и Cu равны 1 ($a_{Zn} = a_{Cu} = 1$), то выражение примет вид:

$$\begin{aligned} E &= E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{Cu^{2+}}}{a_{Zn^{2+}}} = \varphi_{Cu^{2+}/Cu}^0 - \varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \left(\frac{\gamma_{Cu^{2+}} \cdot m_{Cu^{2+}}}{\gamma_{Zn^{2+}} \cdot m_{Zn^{2+}}} \right) = \\ &= 0,337 - (-0,763) + \frac{8,314 \cdot 290}{2 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{0,154 \cdot 0,1}{0,150 \cdot 0,1} = 1,1003 \text{ В} \end{aligned}$$

Ответ: $E = 1,1003 \text{ В}$.

Задача 4. Для реакции $Zn + 2AgCl = ZnCl_2 + 2Ag$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4} T$. Вычислите ΔH , ΔG и ΔS элемента при $T=363 K$.

Решение: Вычислим ЭДС элемента при $T=363 K$:

$$E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 363 = 0,979 B$$

Вычислим ΔG при $T=363 K$ по формуле (8):

$$\begin{aligned} \Delta G = -nFE &= -2 \cdot 96500 \cdot 0,979 = -188947 \text{ Дж / моль} = \\ &= -188,95 \text{ кДж / моль} \end{aligned}$$

Найдем температурный коэффициент ЭДС элемента. Для этого рассчитаем ЭДС при стандартной температуре $T=298 K$.

$$E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 298 = 1,0052 B$$

Температурный коэффициент равен:

$$\frac{dE}{dT} = \frac{\Delta E}{\Delta T} = \frac{0,979 - 1,0052}{363 - 298} = -4,03 \cdot 10^{-4} B / K .$$

Вычислим ΔH элемента при $T=363 K$ по формуле (11):

$$\begin{aligned} \Delta H = -nFE + nFT \frac{dE}{dT} &= \\ &= -2 \cdot 96500 \cdot 0,979 + 2 \cdot 96500 \cdot 363 \cdot (-4,03 \cdot 10^{-4}) = \\ &= -160713 \text{ Дж / моль} = -160,71 \text{ кДж / моль} \end{aligned}$$

Вычислим ΔS элемента при $T=363 K$ по формуле (10):

$$\Delta S = nF \frac{dE}{dT} = 2 \cdot 96500 \cdot (-4,03 \cdot 10^{-4}) = -77,81 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$$

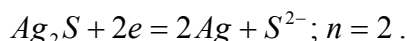
Ответ: $\Delta H = -217181 \text{ Дж/моль} = -217,18 \text{ кДж/моль};$

$$\Delta G = -188947 \text{ Дж/моль} = -188,95 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta S = -77,8 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{Ag}_2\text{S} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 0,25 \text{ моль/кг}$, $\text{ПП}_{\text{Ag}_2\text{S}} = 2 \cdot 10^{-50}$ и $T = 393 \text{ К}$.

Решение: Напишем потенциалопределяющую реакцию:



Напишем выражение для потенциала электрода через активность катиона (см. формулы 15 и 17).

$$\varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}} = \varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{Ag}^+}^2$$

$$\text{ПП}_{\text{Ag}_2\text{S}} = a_{\text{Ag}^+}^2 \cdot a_{\text{S}^{2-}} \Rightarrow a_{\text{Ag}^+}^2 = \frac{\text{ПП}_{\text{Ag}_2\text{S}}}{a_{\text{S}^{2-}}}$$

Потенциал электрода через активность аниона рассчитываем по уравнению Нернста (см. формулы 16 и 18).

$$\varphi_{\text{S}^{2-} / \text{Ag}_2\text{S}, \text{Ag}} = \varphi_{\text{S}^{2-} / \text{Ag}_2\text{S}, \text{Ag}}^0 - \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{S}^{2-}} =$$

$$= \varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \text{ПП}_{\text{Ag}_2\text{S}} - \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{S}^{2-}} =$$

$$= 0,799 + \frac{8,314 \cdot 393}{2 \cdot 96500} \cdot \ln(2 \cdot 10^{-50}) - \frac{8,314 \cdot 393}{2 \cdot 96500} \cdot \ln 0,25 = -1,115 \text{ В}$$

Ответ: $\varphi_{\text{S}^{2-} / \text{Ag}_2\text{S}, \text{Ag}} = -1,115 \text{ В}.$

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным?

- 1) $Pt, H_2 | H^+$; 2) $Cu^{2+} | Cu$; 3) $Fe^{3+}, Fe^{2+} | Pt$;
4) $Ag, AgCl | Cl^-$; 5) $Sn^{2+} | Sn$.

Решение: Определение окислительно-восстановительных электродов дано на стр.9.

Рассмотрим данные электроды:

1) $Pt, H_2 | H^+$ - газовый водородный электрод, представляющий собой пластину, погруженную в раствор, содержащий ионы водорода (которую обмывает газообразный водород), это электрод I рода.

2) $Cu^{2+} | Cu$ – металлическая медь, погруженная в раствор, содержащий ионы меди. Это электрод I рода.

3) $Fe^{3+}, Fe^{2+} | Pt$ – металлическая пластина погружена в раствор, содержащий ионы железа (III) и железа(II), т.е. окисленной и восстановленной формы. Это редокси - электрод.

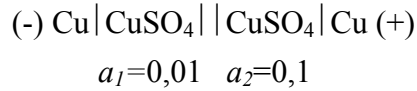
4) $Ag, AgCl | Cl^-$ – металлическое серебро покрыто малорастворимой солью серебра ($AgCl$) и погружено в раствор, содержащий общий анион с малорастворимой солью. Это электрод II рода.

5) $Sn^{2+} | Sn$ – металлическое олово погружено в раствор с ионами олова. Это электрод I рода.

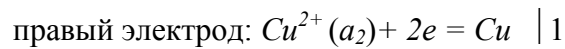
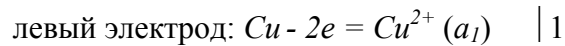
Ответ: окислительно-восстановительный электрод $Fe^{3+}, Fe^{2+} | Pt$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из медных электродов ($Cu^{2+}|Cu$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 293\text{ K}$ при активностях ионов меди 0,1 и 0,01 моль/кг.

Решение: Напишем схему элемента



Определяем полюсы элемента: отрицательный - электрод с меньшей концентрацией электролита; положительный - электрод с большей концентрацией электролита.



ЭДС концентрационного элемента рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{a_2}{a_1}, \quad (26)$$

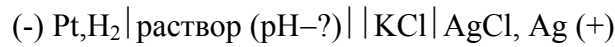
где a_2 - большая концентрация электролита, a_1 - меньшая концентрация электролита. E^0 для концентрационных элементов равна нулю, так как стандартные потенциалы электродов одинаковы.

$$E = \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_2(Cu^{2+})}{a_1(Cu^{2+})} = \frac{8,314 \cdot 293}{2 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{0,1}{0,01} = 0,029\text{ В}$$

Ответ: $E = 0,029\text{ В}$.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=298\text{ K}$, если ЭДС этого элемента равна $E=0,772\text{ В}$, а $\varphi_{x.c.}=0,202\text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Решение: Напишем схему элемента (см. стр. 10).

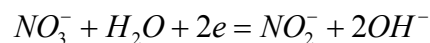


Рассчитаем рН раствора по формуле (23):

$$\begin{aligned} \text{рН} &= \frac{F}{2,303 \cdot R \cdot T} \cdot (E - \varphi_{x.c.}) = \\ &= \frac{96500}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298} \cdot (0,772 - 0,202) = 9,64. \end{aligned}$$

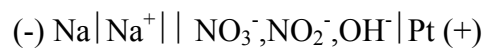
Ответ: $\text{рН} = 9,64$. (слабощелочная среда).

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{NO}_3^-, \text{NO}_2^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$, где протекает реакция

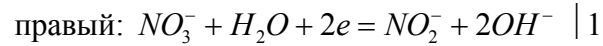


с $\varphi^0=0,01\text{ В}$, и электрода $\text{Na}^+ | \text{Na}$ с $\varphi^0=-2,714\text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=293\text{ K}$, если активности всех ионов равны $0,025\text{ моль/кг}$.

Решение: Сравнив величины стандартных потенциалов электродов, определяем, что отрицательный - натриевый электрод ($\text{Na}^+ | \text{Na}$), положительный – редокси - электрод. Запишем схему элемента:



Процессы на электродах:



Суммарная реакция: $2Na + NO_3^- + H_2O = 2Na^+ + NO_2^- + 2OH^-$

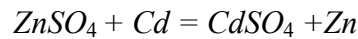
ЭДС элемента вычисляем по формуле (1), при этом принимаем активности воды и металлического натрия равными единице ($a_{H_2O} = a_{Na} = 1$). Объяснение см. на стр. 6 и 10.

$$\begin{aligned} E &= E^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{NO_3^-}}{a_{Na^+}^2 \cdot a_{NO_2^-} \cdot a_{OH^-}^2} = \\ &= \varphi_{NO_3^-, NO_2^-, OH^- / Pt}^0 - \varphi_{Na^+ / Na}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{NO_3^-}}{a_{Na^+}^2 \cdot a_{NO_2^-} \cdot a_{OH^-}^2} = \\ &= 0,01 - (-2,714) + \frac{8,314 \cdot 293}{2 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{0,025}{0,025^2 \cdot 0,025 \cdot 0,025^2} = 2,9102 \text{ В} \end{aligned}$$

Ответ: $E=2,9102 \text{ В}$.

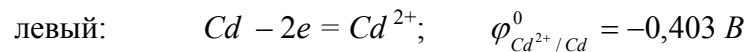
Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $ZnSO_4 + Cd = CdSO_4 + Zn$ при 25^0C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Решение: Определяем, что в реакции



ионы цинка восстанавливаются, а кадмий окисляется.

Процессы на электродах:



правый: $Zn^{2+} + 2e = Zn; \quad \varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,763 \text{ В}$

Определяем константу равновесия реакции по формуле (9):

$$K = \exp\left[-\frac{\Delta G^0}{R \cdot T}\right] = \exp\left[\frac{n \cdot F \cdot E^0}{R \cdot T}\right] =$$

$$= \exp\left[\frac{2 \cdot 96500 \cdot (-0,763 + 0,403)}{8,314 \cdot 298,15}\right] = 6,71 \cdot 10^{-13}$$

Значение константы равновесия говорит о том, что реакция почти полностью идёт в обратном направлении, т.е. в сторону образования исходных веществ.

Ответ: $K=6,71 \cdot 10^{-13}$.

III. Варианты заданий

Вариант №1

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $Cd|Cd^{2+}||Ag^+|Ag$, если $\varphi_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,403 \text{ В}$, $\varphi_{Ag^+ / Ag}^0 = 0,799 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $Au^{3+} + 3e = Au$ с $\varphi_{Au^{3+}/Au}^0 = 1,498 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T= 423 \text{ К}$, если активность электролита $AuCl_3$, равна $0,025 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2Li + Cu^{2+} = 2Li^+ + Cu$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=333 \text{ К}$, если

моляльные концентрации электролитов LiCl и CuSO₄ равны 0,2 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $Zn + Hg_2SO_4 = ZnSO_4 + 2Hg$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 1,4328 - 1,19 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 298)$. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 343$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода Mg, $Mg(OH)_2 | OH^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{OH^-} = 0,025$ моль/кг, $PP_{Mg(OH)_2} = 6,42 \cdot 10^{-8}$ и $T = 393$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $Hg, Hg_2Cl_2 | Cl^-$; 2) $K^+ | K$; 3) $SO_3^{2-}, S_2O_4^{2-}, OH^- | Pt$;
4) $J_{(кр)} | J$; 5) $Cd^{2+} | Cd$

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из натриевых электродов ($Na^{2+} | Na$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 313$ К, если активности ионов натрия Na^{2+} равны 0,5 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,827 В, $\varphi_{к.э.} = 0,2415$ В, $\varphi_{см}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{H}^+, \text{MnO}_4^-$, $\text{Mn}^{2+} | \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ с $\varphi^0 = 1,51 \text{ В}$ и электрода $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ с $\varphi^0 = -0,763 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=313 \text{ К}$, если активности всех ионов H^+ , MnO_4^- , Mn^{2+} , Zn^{2+} равны $0,01 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CoCl}_2 + \text{Sn} = \text{SnCl}_2 + \text{Co}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №2

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Au}^{3+} | \text{Au}$, если $\varphi_{\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}}^0 = -2,363 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Au}^{3+} / \text{Au}}^0 = 1,498 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} = \text{Fe}$ с $\varphi^0 = -0,440 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=393 \text{ К}$, если моляльная концентрация электролита $0,05 \text{ моль/кг}$. Коэффициент активности электролита FeCl_2 возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{Bi} + 3\text{Cu}^{2+} = 2\text{Bi}^{3+} + 3\text{Cu}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите

полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=520\text{ K}$, если активности электролитов BiCl_3 и CuSO_4 равны $0,01$ моль/кг.

Задача 4. Для реакции $\text{Zn} + 2\text{AgCl} = \text{ZnSO}_4 + 2\text{Ag}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=343\text{ K}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Zn, ZnS} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 0,15$ моль/кг, $IP_{\text{ZnS}} = 1,9 \cdot 10^{-22}$ и $T=313\text{ K}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Pt, Cl}_2 | \text{Cl}^-$; 2) $\text{Hg, Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$; 3) $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$;
4) $\text{Na}^+ | \text{Na}$; 5) $\text{ClO}_3^-, \text{ClO}_2^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из оловянных электродов ($\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=353\text{ K}$, если активности ионов олова Sn^{2+} равны $0,6$ и $0,025$ моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=283\text{ K}$, если измеренная ЭДС равна $0,273\text{ В}$, $\varphi_{\text{х.с}}=0,202\text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{H}^+, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{Cr}^{3+} | \text{Pt}$,

где протекает реакция $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ с $\varphi^0 = 1,33 \text{ В}$ и электрода $\text{Au}^{3+}|\text{Au}$ с $\varphi^0 = 1,498 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=293 \text{ К}$, если активности всех ионов H^+ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, Cr^{3+} , Au^{3+} равны $0,01 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $2\text{AgNO}_3 + \text{Co} = \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №3

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}||\text{Co}^{2+}|\text{Co}$, если $\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,763 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^0 = -0,277 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,18 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=293 \text{ К}$, если активность электролита MnSO_4 равна $0,1 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{K} + \text{Pb}^{2+} = 2\text{K}^+ + \text{Pb}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=263 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов KCl и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ равны $0,1 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Ag} + \text{Cl}^- = \text{AgCl} + e$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,2224 - 6,4 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Co}, \text{Co}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{OH}^-} = 0,25$ моль/кг, $PP_{\text{Co}(\text{OH})_2} = 4,81 \cdot 10^{-16}$ и $T=393$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Pt}, \text{F}_2 | \text{F}^-$; 2) $\text{Pt}, \text{H}_2 | \text{H}^+$; 3) $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}$;
4) $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$; 5) $\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+ | \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из кадмиевых электродов ($\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=333$ К, если активности ионов кадмия Cd^{2+} равны 0,1 и 0,075 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и хлорсеребряным электродами при $T=298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,627 В, $\varphi_{\text{х.с}}=0,202$ В, $\varphi_{\text{см}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода



где протекает реакция $\text{Fe}(\text{CN})_6^{2-} + e = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ с $\varphi^0 = 0,36 \text{ В}$ и электрода $\text{Sn}^{2+}|\text{Sn}$ с $\varphi^0 = -0,136 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=293 \text{ К}$, если активности всех ионов $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$, $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, Sn^{2+} равны $0,025 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{K} = 2\text{KNO}_3 + \text{Ca}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №4

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ca}|\text{Ca}^{2+}||\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+}|\text{Pt}$, если $\varphi_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}}^0 = -2,866 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+}/\text{Pt}}^0 = 0,771 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Mo}^{3+} + 3e = \text{Mo}$ с $\varphi^0 = -0,20 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=278 \text{ К}$, если активность электролита $\text{Mo}(\text{NO}_3)_3$ равна $0,15 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3\text{Li} + \text{Cr}^{3+} = 3\text{Li}^+ + \text{Cr}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=395 \text{ К}$, если моляльные концентрации электролитов LiCl и $\text{Cr}(\text{SO}_4)_3$ равны $0,2 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $Zn + Hg_2SO_4 = ZnSO_4 + 2Hg$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 1,4328 - 1,19 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 298)$. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $Ni, Ni(OH)_2 | OH^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{OH^-} = 1,5$ моль/кг, $PP_{Ni(OH)_2} = 1,28 \cdot 10^{-16}$ и $T = 283$ К.

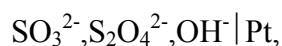
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $Sr^{2+} | Sr$; 2) $Cr^{3+}, Cr^{2+} | Pt$; 3) $Cu, CuCl | Cl^-$;
4) $Mn^{2+} | Mn$; 5) $Ag, AgCl | Cl^-$

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из свинцовых электродов ($Pb^{2+} | Pb$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 293$ К, если активности ионов свинца Pb^{2+} равны 0,15 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,458 В, $\varphi_{к.э} = 0,2415$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = -1,12$ В и электрода $\text{Co}^{2+}|\text{Co}$ с $\varphi^0 = -0,277$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=293$ К, если активности всех ионов SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, OH^- , Co^{2+} равны 0,6 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{NiSO}_4 + 2\text{K} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ni}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №5

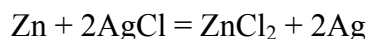
Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ba}|\text{Ba}^{2+}||\text{Cl}^-|\text{Cl}_2|\text{Pt}$ если $\varphi_{\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}}^0 = -2,906$ В, а $\varphi_{\text{Cl}^-/\text{Cl}_2, \text{Pt}}^0 = 1,3595$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}$ с $\varphi^0 = -0,763$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=278$ К, если молярная концентрация электролита ZnCl_2 равна 0,5 моль/кг. Значение коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3\text{Li} + \text{Cr}^{3+} = 3\text{Li}^+ + \text{Cr}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=285$ К, если молярные концентрации электролитов LiCl и $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ равны 0,5 моль/кг.

Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS реакции:



при $T=273$ К, если ЭДС элемента при этой температуре равна 1,015 В, а температурный коэффициент ЭДС $\frac{dE}{dT} = -4,02 \cdot 10^{-4} \text{ В/К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Pb, PbS} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 1,15$ моль/кг, $PP_{\text{PbS}} = 6,2 \cdot 10^{-28}$ и $T=300$ К.

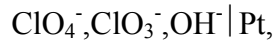
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$; 2) $\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} | \text{Pt}$; 3) $\text{Ag, AgJ} | \text{J}^-$;
4) $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$; 5) $\text{Pb, PbO} | \text{OH}^-$

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из золотых электродов ($\text{Au}^{3+} | \text{Au}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=287$ К, если активности ионов золота Au^{3+} равны 1,5 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,521 В, $\varphi_{\text{х.с.}}=0,202$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = 0,36 \text{ В}$ и электрода $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,180 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 323 \text{ К}$, если активности всех ионов ClO_4^- , ClO_3^- , OH^- , Mn^{2+} равны $0,15 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CaCl}_2 + 2\text{Tl} = 2\text{TlCl} + \text{Ca}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №6

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ag} | \text{Ag}^+ || \text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$ если $\varphi_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}}^0 = 0,799 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cl}^- / \text{Cl}_2, \text{Pt}}^0 = 1,3595 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}$ с $\varphi^0 = -0,277 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 353 \text{ К}$, если активность электролита CoSO_4 равна $0,5 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{K} + \text{Sn}^{2+} = 2\text{K}^+ + \text{Sn}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 370 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов KCl и SnCl_2 равны $0,1 \text{ моль/кг}$.

Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Ag} + \text{Cl}^- = \text{AgCl} + e$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 0,2224 - 6,4 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 298)$. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 323$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Fe}, \text{Fe}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{OH}^-} = 0,25$ моль/кг, $PP_{\text{Fe}(\text{OH})_2} = 1,6 \cdot 10^{-15}$ и $T = 290$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ag}, \text{AgI} | \text{I}^-$; 2) $\text{Li}^+ | \text{Li}$; 3) $\text{Tl}^+ | \text{Tl}$; 4) $\text{Co}^{2+}, \text{Co}^+ | \text{Pt}$;
5) $\text{Pt}, \text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из алюминиевых электродов ($\text{Al}^{3+} | \text{Al}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 353$ К, если активности ионов алюминия Al^{3+} равны 1,5 и 0,1 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,727 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2415$ В, $\varphi_{\text{см}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $\text{PtCl}_6^{2-} + 2e = \text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$ с $\varphi^0 = 0,68 \text{ В}$ и электрода $\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}$ с $\varphi^0 = -0,250 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 389 \text{ К}$, если активности всех ионов PtCl_6^{2-} , PtCl_4^{2-} , Cl^- , Ni^{2+} равны $0,125 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $2\text{LiCl} + \text{Ba} = \text{BaCl}_2 + 2\text{Li}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №7

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ba} | \text{Ba}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$, если $\varphi_{\text{Ba}^{2+} / \text{Ba}}^0 = -2,906 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Na}^+ + e = \text{Na}$ с $\varphi^0 = -2,714 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 300 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита NaCl равна $0,02 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Li} + \text{Tl}^+ = \text{Li}^+ + \text{Tl}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 370 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов LiClO_4 и TlCl равны $0,01 \text{ моль/кг}$.

Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Cd} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 = \text{CdSO}_4 + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 1,0183 - 4,06 \cdot 10^{-5} \cdot (T - 293)$. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{AgI} | \text{I}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{I}^-} = 0,15$ моль/кг, $PP_{\text{AgI}} = 8,1 \cdot 10^{-17}$ и $T = 303$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$; 2) $\text{Pb}, \text{PbO} | \text{OH}^-$; 3) $\text{Si}, \text{SiO}_2 | \text{H}^+$;
4) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{SO}_4^{2-} | \text{Pt}$; 5) $\text{F}^- | \text{F}_2, \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из кальциевых электродов ($\text{Ca}^{2+} | \text{Ca}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 313$ К, если активности ионов кальция равны 0,55 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,832 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2812$ В, $\varphi_{\text{см}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода



где протекает реакция $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = 0,89 \text{ В}$ и электрода $\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$ с $\varphi^0 = -0,403 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 327 \text{ К}$, если активности всех ионов ClO^- , Cl^- , OH^- , Cd^{2+} равны $0,25 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №8

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Na} | \text{Na}^+ || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$, если $\varphi_{\text{Na}^+ / \text{Na}}^0 = -2,714 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sn}$ с $\varphi^0 = -0,136 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 283 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита SnCl_2 равна $0,02 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{K} + \text{Zn}^{2+} = 2\text{K}^+ + \text{Zn}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 370 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов KOH и ZnCl_2 равны $0,2 \text{ моль/кг}$.

Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Cd} + 2\text{AgCl} = \text{CdCl}_2 + 2\text{Ag}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,869 - 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 303 \text{ K}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ca}, \text{Ca}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{OH}^-} = 0,57$ моль/кг, $PP_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 6,1 \cdot 10^{-16}$ и $T = 313 \text{ K}$.

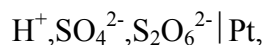
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Pb}, \text{PbS} | \text{S}^{2-}$; 2) $\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}$; 3) $\text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$;
4) $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$; 5) $\text{Tl}^{3+}, \text{Tl}^+ | \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из индиевых электродов ($\text{In}^{3+} | \text{In}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 313 \text{ K}$, если активности ионов индия In^{3+} равны 1,15 и 0,15 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и хлорсеребряным электродами при $T = 298 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,819 В, $\varphi_{\text{х.с}} = 0,202 \text{ В}$, $\varphi_{\text{ст}}^0 = 0,027 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ с $\varphi^0 = -0,22$ В и электрода $\text{Ca}^{2+} | \text{Ca}$ с $\varphi^0 = -2,866$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 353$ К, если активности всех ионов H^+ , SO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$, Ca^{2+} равны 0,45 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Cu} = 3\text{CuSO}_4 + 2\text{Cr}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №9

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Sr} | \text{Sr}^{2+} || \text{Fe}^{3+} | \text{Fe}$, если $\varphi_{\text{Sr}^{2+} / \text{Sr}}^0 = -2,888$ В, а $\varphi_{\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}}^0 = 0,036$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e} = \text{Cr}$ с $\varphi^0 = -0,744$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 313$ К, если молярная концентрация электролита $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ равна 0,5 моль/кг. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{Tl} + \text{Pb}^{2+} = 2\text{Tl}^+ + \text{Pb}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 283$ К, если молярные концентрации электролитов TlCl и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ равны 0,1 моль/кг.

Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Cd} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 = \text{CdSO}_4 + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом: $E = 1,0183 - 4,06 \cdot 10^{-5} \cdot (T - 293)$. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 363$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{AgCN} | \text{CN}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{CN}^-} = 0,55$ моль/кг, $PP_{\text{AgCN}} = 1,6 \cdot 10^{-14}$ и $T = 283$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Pb}, \text{PbBr}_2 | \text{Br}^-$; 2) $\text{Rb}^+ | \text{Rb}$; 3) $\text{Au}^{3+} | \text{Au}$;
4) $\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+} | \text{Pt}$; 5) $\text{Hg}_2^{2+} | \text{Hg}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из хромовых электродов ($\text{Cr}^{3+} | \text{Cr}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 288$ К, если активности ионов хрома Cr^{3+} равны 0,95 и 0,035 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного стеклянным и хлорсеребряным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,525 В, $\varphi_{\text{х.с}} = 0,202$ В, $\varphi_{\text{см}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{J}^{3-}, \text{J} | \text{Pt}$, где

протекает реакция $J^{3+} + 2e = J$ с $\varphi^0 = 0,536$ В и электрода $Ba^{2+} | Ba$ с $\varphi^0 = -2,906$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 353$ К, если активности всех ионов J^{3+} , J , Ba^{2+} равны 0,35 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $MgSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Mg$ при $25^{\circ}C$ по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №10

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $Jn | Jn^{3+} || Cu^{+} | Cu$, если $\varphi_{Jn^{3+} / Jn}^0 = -0,343$ В, а $\varphi_{Cu^{+} / Cu}^0 = 0,521$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $Ba^{2+} + 2e = Ba$ с $\varphi^0 = -2,906$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 323$ К, если молярная концентрация электролита $Ba(OH)_2$ равна 0,1 моль/кг. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3Na + Cr^{3+} = 3Na^{+} + Cr$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 288$ К, если молярные концентрации электролитов $NaCl$ и $Cr_2(SO_4)_3$ равны 0,5 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Cd} + \text{PbCl}_2 = \text{CdCl}_2 + \text{Pb}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,331 - 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 293$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Cu}, \text{CuI} | \text{I}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{I}^-} = 1,01$ моль/кг, $PP_{\text{CuI}} = 1,1 \cdot 10^{-12}$ и $T = 373$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Fe}, \text{FeS} | \text{S}^{2-}$; 2) $\text{Sn}^{4+}, \text{n}^{2+} | \text{Pt}$; 3) $\text{Na}^+ | \text{Na}$;
4) $\text{Cu}^+ | \text{Cu}$; 5) $\text{Tl}, \text{TlCl} | \text{Cl}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из кадмиевых электродов ($\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 343$ К, если активности ионов кадмия Cd^{2+} равны 0,5 и 0,05 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного водородным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,45 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2812$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = 0,66 \text{ В}$ и электрода $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}$ с $\varphi^0 = -0,036 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 353 \text{ К}$, если активности всех ионов ClO_2^- , ClO^- , OH^- , Fe^{3+} равны $0,15 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CdJ}_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaJ} + \text{Cd}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №11

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Rb} | \text{Rb}^+ || \text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$, если $\varphi_{\text{Rb}^+ / \text{Rb}}^0 = -2,925 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}}^0 = -2,363 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{K}^+ + e = \text{K}$ с $\varphi^0 = -2,925 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 293 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита KJ равна $0,2 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{Al} + 3\text{Sn}^{2+} = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Sn}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 288 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов SnCl_2 и AlCl_3 равны $0,1 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Hg} + \text{ZnCl}_2 = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Zn}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 1 + 9,4 \cdot 10^{-5} \cdot (T - 288).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Cd}, \text{Cd}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{OH}^-} = 0,25$ моль/кг, $PP_{\text{Cd}(\text{OH})_2} = 1,8 \cdot 10^{-14}$ и $T = 303$ К.

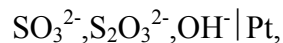
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Rb}^+ | \text{Rb}$; 2) $\text{Cu}^+ | \text{Cu}$; 3) $\text{Pb}, \text{PbCl}_2 | \text{Cl}^-$;
4) $\text{U}^{4+}, \text{U}^{3+} | \text{Pt}$; 5) $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из хромовых электродов ($\text{Cr}^{2+} | \text{Cr}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 283$ К, если активности ионов хрома Cr^{2+} равны 0,75 и 0,065 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,63 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2812$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = -0,58$ В и электрода $\text{Co}^{2+}|\text{Co}$ с $\varphi^0 = -0,277$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=303\text{K}$, если активности всех ионов SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, OH^- , Co^{2+} равны $0,35$ моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $3\text{ZnSO}_4 + 2\text{Al} = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Zn}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №12

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Co}|\text{Co}^{2+}||\text{Au}^{3+}|\text{Au}$, если $\varphi_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^0 = -0,277$ В, а $\varphi_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^0 = 1,498$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn}$ с $\varphi^0 = -0,763$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=323$ К, если молярная концентрация электролита ZnBr_2 равна $2,0$ моль/кг. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3\text{Fe} + 2\text{Au}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{Au}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=323$ К, если молярные концентрации электролитов AuCl_3 и FeSO_4 равны

1,25 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-} = \text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,6151 - 8,02 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Cu}, \text{CuCl} | \text{Cl}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{Cl}^-} = 0,7$ моль/кг, $IP_{\text{CuCl}} = 3,2 \cdot 10^{-7}$ и $T = 315$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ag}, \text{Ag}_2\text{CrO}_4 | \text{CrO}_4^{2-}$; 2) $\text{K}^+ | \text{K}$; 3) $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$;
4) $\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} | \text{Pt}$; 5) $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из цинковых электродов ($\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 288$ К, если активности ионов цинка Zn^{2+} равны 0,4 и 0,03 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,625 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2812$ В, $\varphi_{\text{ст}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}, \text{S}_2\text{O}_3^{2-} | \text{Pt}$,

где протекает реакция $S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$ с $\varphi^0=0,08$ В и электрода $Ag^+|Ag$ с $\varphi^0=0,799$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=323$ К, если активности всех ионов $S_4O_6^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, Ag^+ равны 0,45 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $2LaBr_3 + 3Zn = 3ZnBr_2 + 2La$ при 25^0C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №13

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $Be|Be^{2+}||Fe^{2+}|Fe$, если $\varphi_{Be^{2+}/Be}^0 = -1,847$ В, а $\varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $Cu^+ + e = Cu$ с $\varphi^0 = 0,52$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=333$ К, если молярная концентрация электролита $CuCl$ равна 0,25 моль/кг. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $Sr + Mn^{2+} = Sr^{2+} + Mn$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=283$ К, если молярные концентрации электролитов $SrCl_2$ и $MnCl_2$ равны 0,55 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Pb} + 2\text{AgJ} = \text{PbJ}_2 + 2\text{Ag}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,259 - 1,38 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 333 \text{ K}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Pb, PbSO}_4 | \text{SO}_4^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,25$ моль/кг, $PP_{\text{PbSO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-8}$ и $T = 315 \text{ K}$.

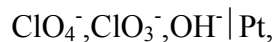
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ag, Ag}_2\text{SO}_4 | \text{SO}_4^{2-}$; 2) $\text{Jn}^{3+} | \text{Jn}$; 3) $\text{Pu}^{4+}, \text{Pu}^{3+} | \text{Pt}$;
- 4) $\text{Ca}^{2+} | \text{Ca}$; 5) $\text{Li}^+ | \text{Li}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из кобальтовых электродов ($\text{Co}^{2+} | \text{Co}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 353 \text{ K}$, если активности ионов кобальта Co^{2+} равны 0,7 и 0,03 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,577 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2418 \text{ В}$, $\varphi_{\text{ст}}^0 = 0,027 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$ с $\varphi^0 = 0,36 \text{ В}$ и электрода $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,18 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 353 \text{ К}$, если активности всех ионов ClO_4^- , ClO_3^- , OH^- , Mn^{2+} равны $0,53$ моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $3\text{CoCl}_2 + 2\text{Au} = 2\text{AuCl}_3 + 2\text{Co}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №14

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Co} | \text{Co}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$, если $\varphi_{\text{Co}^{2+} / \text{Co}}^0 = -0,277 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$ с $\varphi^0 = 0,799 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 333 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита AgNO_3 равна $1,0$ моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Sn} + \text{Pb}^{2+} = \text{Sn}^{2+} + \text{Pb}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 343 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов SnCl_2 и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ равны $0,1$

моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,2438 - 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 273$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Pb, PbS} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 1,15$ моль/кг, $IP_{\text{PbS}} = 6,2 \cdot 10^{-28}$ и $T = 300$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$; 2) $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$; 3) $\text{Hg, Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$;
4) $\text{Na}^+ | \text{Na}$; 5) $\text{ClO}_3^-, \text{ClO}_2^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из калиевых электродов ($\text{K}^+ | \text{K}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 323$ К, если активности ионов калия K^+ равны 0,15 и 0,05 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T = 298$ К, если измеренная ЭДС равна 0,334 В, $\varphi_{\text{к.э.}} = 0,2418$ В, $\varphi_{\text{ст}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{H}^+, \text{ClO}_4^-, \text{ClO}_3^- | \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ с $\varphi^0 = 0,19$ В и

электрода $\text{Mn}^{2+}|\text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,18$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=303\text{K}$, если активности всех ионов H^+ , ClO_4^- , ClO_3^- , Mn^{2+} равны 0,5 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $3\text{MgSO}_4 + 2\text{Al} = 3\text{Mg} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №15

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}||\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}$, если $\varphi_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,126$ В, а $\varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44$ В. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$ с $\varphi^0 = -0,126$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=293$ К, если молярная концентрация электролита $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ равна 0,5 моль/кг. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{K} + \text{Ni}^{2+} = 2\text{K}^+ + \text{Ni}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=283$ К, если молярные концентрации электролитов KNO_3 и NiSO_4 равны 0,1 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Ag} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = 2\text{AgCl} + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,556 + 3,388 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 363$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{AgBr} | \text{Br}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{Br}^-} = 0,70$ моль/кг, $PP_{\text{AgBr}} = 5,3 \cdot 10^{-13}$ и $T = 303$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Na}^+ | \text{Na}$; 2) $\text{Tl}^{3+}, \text{Tl}^+ | \text{Pt}$; 3) $\text{Ag}, \text{AgJO}_3 | \text{JO}_3$;
4) $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$; 5) $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Cl}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из литиевых электродов ($\text{Li}^+ | \text{Li}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 308$ К, если активности ионов лития Li^+ равны 1,15 и 0,075 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного стеклянным и хлорсеребряным электродами при $T = 303$ К, если измеренная ЭДС равна 0,411 В, $\varphi_{\text{х.с}} = 0,222$ В, $\varphi_{\text{ст}}^0 = 0,027$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода:



где протекает реакция $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ с $\varphi^0 = 0,588 \text{ В}$ и электрода $\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}$ с $\varphi^0 = -0,403 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T = 308 \text{ К}$, если активности всех ионов MnO_4^- , OH^- , Cd^{2+} равны $1,25 \text{ моль/кг}$.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CdJ}_2 + 2\text{K} = 2\text{KJ} + \text{Cd}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №16

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Al}|\text{Al}^{3+}||\text{Au}^{3+}|\text{Au}$, если $\varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,662 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^0 = 1,498 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Cs}^+ + \text{e} = \text{Cs}$ с $\varphi^0 = -2,923 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 318 \text{ К}$, если моляльная концентрация электролита CsJ равна $3,0 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{Tl}^+ + \text{Ca} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{Tl}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 303 \text{ К}$, если моляльные концентрации электролитов CaCl_2 и TlCl равны $0,01 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Hg}_2\text{O} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = -0,0947 + 8,37 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 353 \text{ K}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Cd}, \text{CdS} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 0,5$ моль/кг, $PP_{\text{CdS}} = 1,6 \cdot 10^{-28}$ и $T = 313 \text{ K}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$; 2) $\text{Cr}^{3+} | \text{Cr}$; 3) $\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt}$;
4) $\text{Ag}, \text{Ag}_2\text{S} | \text{S}^{2-}$; 5) $\text{Cd}, \text{CdCO}_3 | \text{CO}_3^{2-}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из магниевых электродов ($\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 318 \text{ K}$, если активности ионов магния Mg^{2+} равны 1,5 и 0,015 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T = 318 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,687 В, $\varphi_{\text{х.с}} = 0,222 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} | \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Co}^{3+} + e = \text{Co}^{2+}$ с $\varphi^0 = 1,81 \text{ В}$ и электрода $\text{Na}^+ | \text{Na}$ с $\varphi^0 = -2,714 \text{ В}$. Напишите схему гальванического

элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=353\text{ K}$, если активности всех ионов Co^{3+} , Co^{2+} , Na^+ равны 0,8 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{BaCl}_2 + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{Ba}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №17

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}||\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}$, если $\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,763\text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = -0,403\text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Al}^{3+} + 3\text{e} = \text{Al}$ с $\varphi^0 = -1,662\text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=373\text{ K}$, если молярная концентрация электролита $\text{Al}(\text{ClO}_3)_3$ равна 0,2 моль/кг. Значение коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Ba}^{2+} + 2\text{K} = 2\text{K}^+ + \text{Ba}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=293\text{ K}$, если молярные концентрации электролитов $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и KOH равны 0,1 моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Pb} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{PbCl}_2 + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E=0,5353+1,45\cdot 10^{-4}\cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=318$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Fe, FeS} | \text{S}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^-} = 1,7$ моль/кг, $IP_{\text{FeS}} = 5,0 \cdot 10^{-18}$ и $T=328$ К.

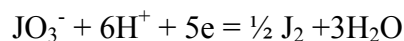
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$; 2) $\text{Pb, PbCO}_3 | \text{CO}_3^{2-}$; 3) $\text{Ag, AgCl} | \text{Cl}^-$;
4) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{SO}_4^{2-} | \text{Pt}$; 5) $\text{F}^- | \text{F}_2, \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из ртутных электродов ($\text{Hg}^{2+} | \text{Hg}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=328$ К, если активности ионов ртути Hg^{2+} равны 0,9 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=303$ К, если измеренная ЭДС равна 0,885 В, $\varphi_{\text{x.c.}}=0,202$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{H}^+, \text{JO}_3^-, \text{J}_2 | \text{Pt}$, где протекает реакция



с $\varphi^0=1,195$ В и электрода $\text{Cu}^+ | \text{Cu}$ с $\varphi^0=0,521$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на

электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=353\text{K}$, если активности всех ионов H^+ , JO_3^- , Cu^+ равны $0,55$ моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $3\text{NaClO}_3 + \text{Al} = \text{Al}(\text{ClO}_3)_3 + 3\text{Na}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №18

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Pu}^{3+} | \text{Pu}$, если $\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,763 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Pu}^{3+}/\text{Pu}}^0 = 2,03 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Ca}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ca}$ с $\varphi^0 = -2,866 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=333 \text{ К}$, если моляльная концентрация электролита $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ равна $2,0$ моль/кг. Значение коэффициента активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $2\text{Tl}^+ + \text{Cd} = \text{Cd}^{2+} + 2\text{Tl}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=323 \text{ К}$, если моляльные концентрации электролитов TlCl и CdCl_2 равны $0,01$ моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-} = \text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,6151 - 8,02 \cdot 10^{-4} (T-298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=333$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $Pb, PbCO_3 | CO_3^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{CO_3^{2-}} = 0,025$ моль/кг, $PP_{PbCb_3} = 7,5 \cdot 10^{-14}$ и $T=293$ К.

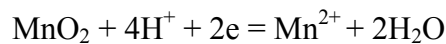
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $S_2O_8^{2-}, SO_4^{2-} | Pt$; 2) $H^+ | H_2, Pt$;
3) $Ag, AgJ | J$; 4) $Sn^{2+} | Sn$; 5) $Ra^{2+} | Ra$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из электродов $(Li^+ | Li)$. Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=278$ К, если активности ионов лития Li^+ равны 1,15 и 0,015 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T=313$ К, если измеренная ЭДС равна 0,577 В, $\varphi_{к.э.} = 0,3341$ В, $\varphi_{ст}^0 = 0,297$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $H^+, Mn^{2+}, MnO_2 | Pt$, где протекает реакция



с $\varphi^0 = 1,23$ В и электрода $Ni^{2+} | Ni$ с $\varphi^0 = -0,25$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на

электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=293\text{K}$, если активности всех ионов H^+ , Mn^{2+} , Ni^{2+} равны $0,75$ моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{Na} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №19

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ni} | \text{Ni}^{2+} || \text{Au}^{3+} | \text{Au}$, если $\varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,25 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^0 = 1,498 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pb}$ с $\varphi^0 = -0,126 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=293 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ $1,0$ моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Ba} + \text{Zn}^{2+} = \text{Ba}^{2+} + \text{Zn}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=313 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов ZnSO_4 и BaCl_2 равны $0,2$ моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Pb} + 2\text{AgJ} = \text{PbJ}_2 + 2\text{Ag}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,259 - 1,38 \cdot 10^{-4} T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=363$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $Pb, PbJ_2 | J$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{J^-} = 0,8$ моль/кг, $PP_{PbJ_2} = 1,1 \cdot 10^{-9}$ и $T=303$ К.

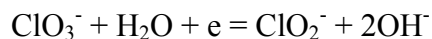
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно – восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $Cd, CdCO_3 | CO_3^{2-}$; 2) $Fe^{3+} | Fe$; 3) $Fe, FeCO_3 | CO_3^{2-}$;
4) $H^+ | H_2, Pt$; 5) $Pu^{4+}, Pu^{3+} | Pt$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из бариевых электродов ($Ba^{2+} | Ba$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=328$ К, если активности ионов бария Ba^{2+} равны 0,9 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T=308$ К, если измеренная ЭДС равна 0,702 В, $\varphi_{к.э.} = 0,3341$ В, $\varphi_{ст}^0 = 0,315$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из редокс-электрода $ClO_3^-, ClO_2^-, OH^- | Pt$, где протекает реакция



с $\varphi^0 = 0,33$ В и электрода $Cu^{2+} | Cu$ с $\varphi^0 = 0,337$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите

полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=348$ К, если активности всех ионов ClO_3^- , ClO_2^- , OH^- , Cu^{2+} равны 0,75 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaNO}_3 + \text{Co}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №20

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Na} | \text{Na}^+ || \text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$, если $\varphi_{\text{Na}^+ / \text{Na}}^0 = -2,714$ В, а $\varphi_{\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}}^0 = -0,44$ В.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Ra}^{2+} + 2e = \text{Ra}$ с $\varphi^0 = -2,916$ В. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=303$ К, если активность ионов радия равна 1,015 моль/кг.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3\text{Zn} + 2\text{Au}^{3+} = 3\text{Zn}^{2+} + 2\text{Au}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=313$ К, если активности электролитов AuCl_3 и ZnCl_2 равны 0,35 моль/кг.

Задача 4. Для реакции $2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,2438 - 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot (T-298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=353$ К.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Hg}, \text{HgS} | \text{S}^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{S}^{2-}} = 0,45$ моль/кг, $IP_{\text{HgS}} = 1,6 \cdot 10^{-52}$ и $T=323$ К.

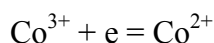
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно – восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+} | \text{Pt}$; 2) $\text{K}^+ | \text{K}$; 3) $\text{Ag}, \text{AgCl} | \text{Cl}^-$;
4) $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$; 5) $\text{F}^- | \text{F}_2, \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из медных электродов ($\text{Cu}^+ | \text{Cu}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=288 \text{ K}$, если активности ионов меди Cu^+ равны 1,35 и 0,02 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=308 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,851 В, $\varphi_{\text{х.с}}=0,202 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} | \text{Pt}$, где протекает реакция



с $\varphi^0 = 1,81 \text{ В}$ и электрода $\text{Na}^+ | \text{Na}$ с $\varphi^0 = -2,714 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=358 \text{ K}$, если активности всех ионов $\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+}, \text{Na}^+$ равны 0,8 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{AlCl}_3 + 3\text{Na} = 3\text{NaCl} + \text{Al}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №21

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Cs} | \text{Cs}^+ || \text{La}^{3+} | \text{La}$, если $\varphi_{\text{Cs}^+ / \text{Cs}}^0 = -2,923 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{La}^{3+} / \text{La}}^0 = -2,522 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Na}^+ + e = \text{Na}$ с $\varphi^0 = -2,714 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=358 \text{ К}$, если моляльная концентрация электролита NaBr равна $3,0 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Ba} + \text{Co}^{2+} = \text{Ba}^{2+} + \text{Co}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=278 \text{ К}$, если моляльные концентрации электролитов BaCl_2 и CoCl_2 равны $0,1 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $2\text{Ag} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = 2\text{AgCl} + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,556 + 3,388 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=333 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Zn}, \text{Zn}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{OH}^-} = 0,45 \text{ моль/кг}$, $PP_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 1,2 \cdot 10^{-17}$ и $T=358 \text{ К}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} | \text{Pt}$; 2) $\text{Cs}^+ | \text{Cs}$; 3) $\text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$;
4) $\text{S}^{2-} | \text{S}_{(\text{тв})}$; 5) $\text{Cr}^{3+} | \text{Cr}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из серебряных электродов ($\text{Ag}^+ | \text{Ag}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=328 \text{ K}$, если активности ионов серебра Ag^+ равны 0,9 и 0,09 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T=318 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,665 В, $\varphi_{\text{к.э.}}=0,2415 \text{ В}$, $\varphi_{\text{ст.}}=0,213 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+ | \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$ с $\varphi^0 = 0,153 \text{ В}$ и электрода $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,18 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=318 \text{ K}$, если активности всех ионов Cu^{2+} , Cu^+ , Mn^{2+} равны 0,45 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CdSO}_4 + \text{Mg} = \text{MgSO}_4 + \text{Cd}$ при 25^0C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №22

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Na} | \text{Na}^+ || \text{K}^+ | \text{K}$, если $\varphi_{\text{Na}^+/\text{Na}}^0 = -2,714 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{K}^+/\text{K}}^0 = -2,925 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Sr}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sr}$ с $\varphi^0 = -2,888 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=333 \text{ К}$, если активность ионов стронция Sr^{2+} равна $0,95 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $3\text{Ag}^+ + \text{La} = \text{La}^{3+} + 3\text{Ag}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=318 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов LaBr_3 и AgNO_3 равны $0,05 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. ЭДС элемента, в котором обратимо протекает реакция $0,5\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Ag} = \text{AgCl} + \text{Hg}$, равна $0,465 \text{ В}$ при 298 К и $0,439 \text{ В}$ при 293 К . Рассчитайте ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=318 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ti}, \text{TiCl} | \text{Cl}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{Cl}^-} = 0,35 \text{ моль/кг}$, $PP_{\text{TiCl}} = 1,7 \cdot 10^{-4}$ и $T=318 \text{ К}$.

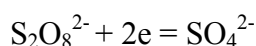
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Co}, \text{Co}(\text{OH})_2 | \text{OH}^-$; 2) $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$; 3) $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$;
 4) $\text{V}^{3+}, \text{V}^{2+} | \text{Pt}$; 5) $\text{Ag}, \text{AgCl} | \text{Cl}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из плутониевых электродов ($\text{Pu}^{3+} | \text{Pu}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=283 \text{ K}$, если активности ионов плутония Pu^{3+} равны 1,75 и 0,05 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T=323 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,266 В, $\varphi_{\text{к.э.}}=0,2415 \text{ В}$, $\varphi_{\text{ст}}^0=0,0522 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{SO}_4^{2-} | \text{Pt}$, где протекает реакция



с $\varphi^0 = 2,010 \text{ В}$ и электрода $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$ с $\varphi^0 = -0,126 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=320 \text{ K}$, если активности всех ионов $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Pb}^{2+}$ равны 0,55 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{AlCl}_3 + 3\text{K} = 3\text{KCl} + \text{Al}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

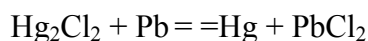
Вариант №23

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Cd} | \text{Cd}^{2+} || \text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$ если $\varphi_{\text{Cd}^{2+} / \text{Cd}}^0 = -0,403 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cl}^- / \text{Cl}_2, \text{Pt}}^0 = 1,360 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ni}$ с $\varphi^0 = -0,250 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 328 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита NiSO_4 равна $2,0 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Ni}^{2+} + 2\text{Na} = 2\text{Na}^+ + \text{Ni}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 288 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов NiSO_4 и Na_2SO_4 равны $0,5 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Вычислите ΔG , ΔH и ΔS реакции



при $T = 298 \text{ К}$, если ЭДС элемента при этой температуре равна $0,536 \text{ В}$, а температурный коэффициент ЭДС $\frac{dE}{dT} = 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ В/К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{Ag}_2\text{CrO}_4 | \text{CrO}_4^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность

аниона, если $a_{CrO_4^{2-}} = 0,75$ моль/кг, $PP_{Ag_2CrO_4} = 1,1 \cdot 10^{-12}$ и $T=293$ К.

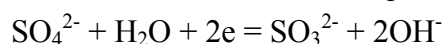
Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $SO_3^{2-}, S_2O_4^{2-}, OH^- | Pt$; 2) $Ra^{2+} | Ra$; 3) $Pb^{2+} | Pb$;
4) $Cl^- | Cl_2, Pt$; 5) $Hg, Hg_2Br_2 | Br^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из железных электродов ($Fe^{3+} | Fe$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=303$ К, если активности ионов железа Fe^{3+} равны 1,5 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и хлорсеребряным электродами при $T=318$ К, если измеренная ЭДС равна 0,479 В, $\varphi_{х.с.} = 0,222$ В, $\varphi_{ст}^0 = 0,078$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из редокси-электрода $SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, OH^- | Pt$, где протекает реакция



с $\varphi^0 = -0,93$ В и электрода $Al^{3+} | Al$ с $\varphi^0 = -1,662$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=328$ К, если активности всех ионов $SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, OH^-, Al^{3+}$ равны 0,5 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{Ba}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №24

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$, если $\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,799 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sn}$ с $\varphi^0 = -0,136 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T = 283 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита SnCl_2 равна $0,05 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Cd}^{2+} + 2\text{K} = 2\text{K}^+ + \text{Cd}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T = 363 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов CdJ_2 и KJ равны $0,5 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Hg}_2\text{O} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = -0,0947 + 8,37 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T = 293 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Cd}, \text{CdCO}_3 | \text{CO}_3^{2-}$ через активность катиона.

Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{CO}_3^{2-}} = 0,85$ моль/кг, $PP_{\text{CaCO}_3} = 2,5 \cdot 10^{-14}$ и $T=288$ К.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}$; 2) $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$; 3) $\text{Hg, HgO} | \text{OH}^-$;
4) $\text{Tl}^{3+}, \text{Tl}^+ | \text{Pt}$; 5) $\text{F}^- | \text{F}_2, \text{Pt}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из талевых электродов ($\text{Tl}^+ | \text{Tl}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=283$ К, если активности ионов талия Tl^+ равны 1,5 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите рН раствора, измеренного водородным и каломельным электродами при $T=313$ К, если измеренная ЭДС равна 0,802 В, $\varphi_{\text{к.э.}}=0,2415$ В. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} / \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$ с $\varphi^0 = 0,771$ В и электрода $\text{Ba}^{2+} | \text{Ba}$ с $\varphi^0 = -2,906$ В. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=278$ К, если активности всех ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ba^{2+} равны 0,25 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $2\text{TlClO}_4 + \text{Mg} = \text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 + 2\text{Tl}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №25

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Ca}|\text{Ca}^{2+}||\text{Th}^{4+}|\text{Th}$, если $\varphi_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}}^0 = -2,866 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Th}^{4+}/\text{Th}}^0 = -1,899 \text{ В}$. Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Th}^{4+} + 4\text{e} = \text{Th}$ с $\varphi^0 = -1,899 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=313 \text{ К}$, если активность электролита ThCl_4 равна $0,25$ моль/кг.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Al}^{3+} + 3\text{Li} = 3\text{Li}^+ + \text{Al}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=273 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов AlCl_3 и LiCl равны $0,5$ моль/кг. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{Pb} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{PbCl}_2 + 2\text{Hg}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,5353 + 1,45 \cdot 10^{-4} \cdot T.$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=353 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Tl}, \text{TlI}|\text{I}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{I}^-} = 0,28$ моль/кг, $PP_{\text{TlI}} = 8,8 \cdot 10^{-8}$ и $T=308 \text{ К}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ca}^{2+}|\text{Ca}$; 2) $\text{Ag,AgBr}|\text{Br}^-$; 3) $\text{Ti}^{3+},\text{Ti}^+|\text{Pt}$;
4) $\text{H}^+|\text{H}_2,\text{Pt}$; 5) $\text{J}_{2(\text{кр})}|\text{J}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из кальциевых электродов ($\text{Ca}^{2+}|\text{Ca}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=333\text{K}$, если активности ионов кальция Ca^{2+} равны 1,8 и 0,01 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного стеклянным и каломельным электродами при $T=278\text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,891 В, $\varphi_{\text{к.э}}=0,3341\text{ В}$, $\varphi^0_{\text{ст}}=0,118\text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Sn}^{4+},\text{Sn}^{2+}|\text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Sn}^{4+} + 2e = \text{Sn}^{2+}$ с $\varphi^0 = 0,151\text{ В}$ и электрода $\text{Na}^+|\text{Na}$ с $\varphi^0 = -2,714\text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=313\text{ K}$, если активности всех ионов Sn^{4+} , Sn^{2+} , Na^+ равны 0,5 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $3\text{NaBr} + \text{La} = \text{LaBr}_3 + 3\text{Na}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №26

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{La}|\text{La}^{3+}||\text{Al}^{3+}|\text{Al}$, если $\varphi_{\text{La}^{3+}/\text{La}}^0 = -2,522 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,662 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cd}$ с $\varphi^0 = -0,403 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=328 \text{ К}$, если молярная концентрация электролита CdCl_2 равна $3,0 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Zn} + \text{Fe}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=333 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов ZnCl_2 и FeCl_2 равны $2,0 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2\text{e}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,6990 - 7,4 \cdot 10^{-5} \cdot (T - 288).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=273 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Ag}, \text{Ag}_2\text{SO}_4|\text{SO}_4^{2-}$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,8 \text{ моль/кг}$, $PP_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = 1,24 \cdot 10^{-5}$ и $T=293 \text{ К}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно–восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ag, Ag}_2\text{S} | \text{S}^{2-}$; 2) $\text{U}^{4+}, \text{U}^{3+} | \text{Pt}$; 3) $\text{Au}^{3+} | \text{Au}$;
4) $\text{OH}^- | \text{H}_2, \text{Pt}$; 5) $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из технециевых электродов ($\text{Th}^{4+} | \text{Th}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=308 \text{ K}$, если активности ионов технеция Th^{4+} равны 0,9 и 0,001 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=278 \text{ K}$, если измеренная ЭДС равна 0,351 В, $\varphi_{\text{х.с.}}=0,202 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+} | \text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Cr}^{3+} + e = \text{Cr}^{2+}$ с $\varphi^0 = -0,408 \text{ В}$ и электрода $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$ с $\varphi^0 = 0,799 \text{ В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=333 \text{ K}$, если активности всех ионов Cr^{3+} , Cr^{2+} , Ag^+ равны 0,75 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CH}_3\text{COOTl} + \text{Cs} = \text{CH}_3\text{COOCs} + \text{Tl}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Вариант №27

Задача 1. Чему равна стандартная ЭДС элемента $\text{Cr}|\text{Cr}^{2+}||\text{Cr}^{3+}|\text{Cr}$, если $\varphi_{\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}}^0 = -0,913 \text{ В}$, а $\varphi_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}}^0 = -0,744 \text{ В}$.

Укажите полюсы элемента.

Задача 2. На электроде протекает реакция $\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mn}$ с $\varphi^0 = -1,180 \text{ В}$. Рассчитайте потенциал этого электрода при $T=313 \text{ К}$, если активность электролита MnSO_4 равна $1,25 \text{ моль/кг}$.

Задача 3. В гальваническом элементе идет реакция $\text{Sn}^{2+} + 2\text{Tl} = 2\text{Tl}^+ + \text{Sn}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах, определите полюсы. Рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=353 \text{ К}$, если молярные концентрации электролитов SnCl_2 и TlCl равны $0,01 \text{ моль/кг}$. Значения коэффициентов активности возьмите из справочника [1].

Задача 4. Для реакции $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2\text{e}$ ЭДС зависит от температуры следующим образом:

$$E = 0,6990 - 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 298).$$

Вычислите ΔG , ΔH и ΔS элемента при $T=318 \text{ К}$.

Задача 5. Напишите выражение для потенциала электрода II рода $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Br}_2 | \text{Br}^-$ через активность катиона. Рассчитайте потенциал этого электрода через активность аниона, если $a_{\text{Br}^-} = 1,17 \text{ моль/кг}$, $PP_{\text{Hg}_2\text{Br}_2} = 5,4 \cdot 10^{-23}$ и $T=315 \text{ К}$.

Задача 6. Какие из представленных ниже электродов относятся к окислительно-восстановительным? Ответ поясните.

- 1) $\text{Ca}^{2+}|\text{Ca}$; 2) $\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+}|\text{Pt}$; 3) $\text{H}^+|\text{H}_2, \text{Pt}$;
4) $\text{OH}^-|\text{O}_2, \text{Pt}$; 5) $\text{Mg}, \text{Mg}(\text{OH})_2|\text{OH}^-$.

Задача 7. Составьте концентрационный элемент с переносом из марганцовых электродов ($\text{Mn}^{2+}|\text{Mn}$). Определите полюсы элемента и рассчитайте ЭДС этого элемента при $T=328\text{K}$, если активности ионов марганца Mn^{2+} равны 1,75 и 0,07 моль/кг.

Задача 8. Определите pH раствора, измеренного водородным и хлорсеребряным электродами при $T=283\text{K}$, если измеренная ЭДС равна 0,315 В, $\varphi_{\text{х.с.}}=0,202\text{В}$. Напишите схему гальванического элемента.

Задача 9. Гальванический элемент составлен из окислительно-восстановительного электрода $\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+|\text{Pt}$, где протекает реакция $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$ с $\varphi^0 = 0,153\text{В}$ и электрода $\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}$ с $\varphi^0 = -0,036\text{В}$. Напишите схему гальванического элемента, реакции, протекающие на электродах и суммарную электродную реакцию, определите полюсы. Вычислите ЭДС элемента при $T=288\text{K}$, если активности всех ионов Cu^{2+} , Cu^+ , Fe^{3+} равны 0,01 моль/кг.

Задача 10. Рассчитайте константу равновесия реакции $\text{CH}_3\text{COORb} + \text{Cs} = \text{CH}_3\text{COOCs} + \text{Rb}$ при 25°C по данным о стандартных электродных потенциалах.

Литература

1. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. – 10-е изд., испр. и доп. - СПб. : «Иван Федоров», 2002. - 240 с.
2. Сборник примеров и задач по физической химии : учебное пособие для химико-технологических вузов / Е.В. Киселева [и др.]. - М. : Высш. шк., 1983. - 456 с.
3. Задачи по физической химии : учебное пособие / В.В. Еремин [и др.]. - М.: Изд. «Экзамен», 2003. - 320 с.
4. Физическая химия : в 2 кн. Кн.2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ : учебник для вузов / К.С. Краснов [и др.] ; под ред. К.С. Краснова. - М.: Высш. шк., 2001. - 319 с.
5. Ахметов Н.С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии : учебное пособие / Н.С. Ахметов, М.К. Азизова, Л.И. Бадыгина. – 4-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2002. – 368с. : ил.

Учебное издание

Сафиуллина Т.Р.

кандидат химических наук, доцент

Нуриева Э.Н.

кандидат педагогических наук

РАВНОВЕСНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к самостоятельной работе студентов**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 20.12.2012
Подписано в печать 1.02.2013.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 4,75. Тираж 100.
Заказ №3.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.