

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра
электронной техники и технологии

Ясюкевич Л.В., Бычек И.В., Позняк А.А.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ХИМИЯ» И «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»
для студентов специальностей

1-36 04 01 Программно-управляемые электронно-оптические системы

1-39 02 01 Моделирование и компьютерное проектирование РЭС,

1-39 02 02 Проектирование и производство программно-управляемых
электронных средств

1-39 02 03 Медицинская электроника,

1-39 03 01 Электронные системы безопасности,

1-39 03 03 Электронные и информационно-управляющие системы
физических установок,

1-41 01 02 Микро- и нанoeлектронные технологии и системы,

1-41 01 03 Квантовые информационные системы,

1-41 01 04 Нанотехнологии и наноматериалы в электронике
всех форм обучения

С УЧЕТОМ УРОВНЕВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

- © Ясюкевич Л.В., Бычек И.В.,
Позняк А.А. 2020
- © УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Электрохимические процессы. Гальванические элементы	5
1.1 Термины и определения	5
1.2 Примеры решения типовых задач	10
1.3 Тесты для самоконтроля	17
1.3.1 Варианты тестовых заданий 1-го уровня сложности	17
1.3.2 Варианты тестовых заданий 2-го уровня сложности	29
1.4 Индивидуальные задания	40
1.4.1 Варианты индивидуальных заданий 1-го уровня сложности	40
1.4.2 Варианты индивидуальных заданий 2-го уровня сложности	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А	55
Литература	56

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие включает задачи индивидуального домашнего задания с учётом уровневой дифференциации обучения студентов по дисциплинам «Химия» и «Физическая химия». Предназначено для совершенствования и активизации учебного процесса и самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины.

В пособии активизируется и закрепляется лекционный материал. Каждый тематический раздел пособия содержит краткое теоретическое вступление. Мы считаем излишним подробное изложение теории каждой конкретной темы, поскольку теоретический материал студенты изучают по конспекту лекций и учебным пособиям, в которых он изложен полнее. С целью управления самостоятельной работой студентов используется система обучающих задач. Приведённые решения типовых задач помогут студентам освоить алгоритмы решения, а также будут способствовать развитию их логического мышления. Задачи индивидуального домашнего задания имеют два уровня сложности, что позволит студентам с различным уровнем базовой подготовки самостоятельно выстроить индивидуальную образовательную траекторию.

Методическое пособие будет способствовать дифференцированной поддержке условий и возможностей для адаптации обучающихся к вузовскому курсу дисциплины, что соответствует требованиям системы менеджмента качества подготовки специалистов в высшей школе.

1 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1.1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Электрохимические явления – это явления, связанные с протеканием гетерогенных окислительно-восстановительных реакций на границе раздела фаз (проводник 1 рода – проводник 2 рода), характерной особенностью которых является изменение характера электрической проводимости на этой границе.

Электрод – это электрохимическая система, состоящая, как минимум, из двух контактирующих фаз: материала с электронной проводимостью (проводника 1 рода (металл или полупроводник)) и ионного проводника (проводника 2 рода (раствор или расплав электролита)).

Двойной электрический слой (ДЭС) создается электрическими зарядами на электроде и ионами противоположного заряда, ориентированными в растворе у поверхности электрода.

Электродный потенциал (φ , В) – разность потенциалов, возникающая в двойном электрическом слое между металлом и жидкой фазой.

Стандартный электродный потенциал (φ , В) – потенциал, измеренный при стандартных условиях (давление газообразных веществ – 101,325 кПа; температура – 298 К; концентрация потенциалопределяющих ионов, равная 1 моль/л) относительно стандартного водородного электрода.

Стандартный водородный электрод ($\text{Pt}, \text{H}_2 | 2\text{H}^+$) в растворе H_2SO_4 с $C_{\text{H}^+} = 1$ моль/л при давлении $P = 101,325$ кПа. Потенциал водородного электрода в стандартных условиях принят равным нулю.

Схематическое изображение электродов отражает участников электродного равновесия. Например:

$\text{Zn} | \text{ZnSO}_4; \text{Cu} | \text{CuSO}_4$ – молекулярная форма,

$\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}; \text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$ – ионная форма.

Вертикальная черта обозначает границу раздела фаз, на которой протекает электродный процесс.

Электродный потенциал является количественной характеристикой окислительно-восстановительных свойств системы.

Располагая металлы в порядке возрастания их стандартных электродных потенциалов, получают электрохимический ряд металлов – ряд напряжений металлов (таблица А.1).

Величина φ° металла указывает на меру восстановительной способности атомов металла и меру окислительной способности ионов металла: чем меньше значение φ° , тем ярче выражены восстановительные свойства (способность окисляться). Чем больше значение φ° , тем

ярче выражены окислительные свойства (способность восстанавливаться).

Условие самопроизвольного протекания окислительно-восстановительных реакций в водных растворах электролитов выражается следующим неравенством:

$$\varphi_{\text{окислителя}} > \varphi_{\text{восстановителя}} \quad (2.1)$$

Электродный потенциал любой окислительно-восстановительной системы, находящейся в нестандартных условиях, можно рассчитать по уравнению Нернста:

$$\varphi_{\text{Ox/Red}} = \varphi^{\circ}_{\text{Ox/Red}} + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{C_{\text{Ox}}^a}{C_{\text{Red}}^b}, \quad (2.2)$$

где $\varphi_{\text{Ox/Red}}$ – равновесный электродный потенциал;

$\varphi^{\circ}_{\text{Ox/Red}}$ – стандартный электродный потенциал, В;

R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);

T – температура, К;

F – постоянная Фарадея, равная 96 500 Кл;

n – число электронов, участвующих в данной электродной реакции;

C_{Ox}^a и C_{Red}^b – концентрации окисленной и восстановленной форм, в степенях стехиометрических коэффициентов в уравнении электродной реакции.

Электроды 1 рода – электроды, обратимые относительно своих ионов в растворе электролита. К ним относятся металлические и газовые электроды: водородный, кислородный.

Для расчета потенциалов указанных электродов считаем $T = 298$ К, $R = 8,314$ Дж/(моль·К), $F = 96\,500$ Кл и, введя множитель 2,3 (переход к десятичным логарифмам), получим

$$\varphi_{\text{Ox/Red}} = \varphi^{\circ}_{\text{Ox/Red}} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{\text{Ox}}^a}{C_{\text{Red}}^b}. \quad (2.3)$$

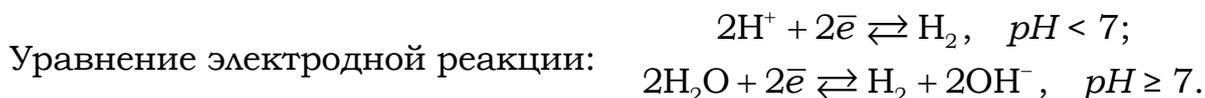
Металлические электроды

Схема: $\text{Me} | \text{Me}^{n+}$.

Уравнение электродной реакции: $\text{Me}^{n+} + n\bar{e} \rightleftharpoons \text{Me}$.

Уравнение Нернста: $\varphi_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} = \varphi^{\circ}_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}} + \frac{0,059}{n} \lg C_{\text{Me}^{n+}} \quad (2.4)$

Водородный электрод

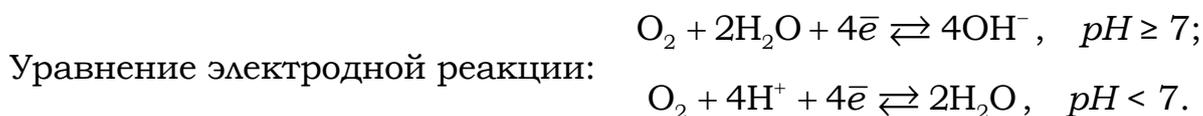


Уравнение Нернста: $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{\text{H}^+}^2}{P_{\text{H}_2}};$

$$\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 pH, \quad (2.5)$$

($\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0$; $P_{\text{H}_2} = 1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа}$; $n = 2$; $-\lg C_{\text{H}^+} = pH$).

Кислородный электрод



Уравнение Нернста: $\varphi_{\text{O}_2/4\text{OH}^-} = \varphi_{\text{O}_2/4\text{OH}^-}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{P_{\text{O}_2}}{C_{\text{OH}^-}^4};$

$$\varphi_{\text{O}_2/4\text{OH}^-} = 1,23 - 0,059 pH, \quad (2.6)$$

($\varphi_{\text{O}_2/4\text{OH}^-} = 0,4 \text{ В}$; $P_{\text{O}_2} = 1 \text{ атм}$; $n = 4$; $-\lg C_{\text{OH}^-} = pOH$;
 $pH + pOH = 14$).

Гальванический элемент – устройство, в котором энергия окислительно-восстановительных реакций превращается в электрическую.

Анод – электрод с меньшим значением потенциала, на нем идут процессы окисления.

Катод – электрод с большим значением потенциала, на нем идут процессы восстановления.

Для внешней цепи гальванического элемента электрод с меньшим значением электродного потенциала будет отрицательным полюсом,

электрод с большим значением электродного потенциала – положительным:

Анод "-"; Катод "+";

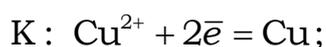
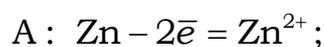
$$\varphi_{\text{к}} > \varphi_{\text{а}}.$$

Химический гальванический элемент состоит из двух электродов различной природы.

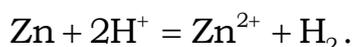
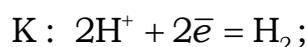
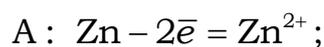
Химический гальванический элемент Даниэля – Якоби составлен из электродов 1 рода. Процессы, описывающие работу гальванического элемента, представляются в виде схемы. Например:



или



Химический гальванический элемент Вольта – замкнутая электрохимическая система из двух электродов различной природы, находящихся в одном и том же электролите. Процессы, описывающие работу гальванического элемента, представляются в виде схемы. Например:



Электродвижущая сила гальванического элемента (ЭДС) равна разности потенциалов двух соединенных между собой электродов при изотермическом и обратимом процессе, в котором работа получается наибольшей, в таком случае свободная энергия реакции максимально превращается в электрическую работу. ЭДС гальванического элемента рассчитывается как

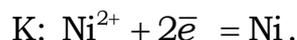
$$E^0 = \varphi_{\text{к}}^0 - \varphi_{\text{а}}^0. \quad (2.7)$$

Концентрационный гальванический элемент состоит из электродов одинаковой природы в растворах с различной концентрацией

ионов. Процессы, описывающие работу гальванического элемента, представляются в виде схемы. Например:



$$C_1 < C_2$$



Возникающая ЭДС зависит от соотношения концентраций ионов

$$E = \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{C_2}{C_1}, \quad (2.8)$$

где C_1 и C_2 – молярные концентрации ионов у анода и катода ($C_1 < C_2$).

Главный критерий возможности протекания электрохимических процессов в гальваническом элементе – положительный знак ЭДС, т. е. выполнение неравенства

$$\varphi_k > \varphi_a. \quad (2.9)$$

В результате самопроизвольных процессов система (гальванический элемент) совершает максимально полезную электрическую работу A_M :

$$A_M = n \cdot F \cdot E^0, \quad (2.10)$$

где nF – количество прошедшего электричества, Кл;

n – число электронов – участников в данной электрохимической реакции.

Работа совершается за счет самопроизвольно протекающей реакции, при этом изобарно-изотермический потенциал системы уменьшается, т. е. $A_M = -\Delta G^0$ и, следовательно,

$$\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot E^0. \quad (2.11)$$

В то же время в обратимом процессе при $T = \text{const}$, $p = \text{const}$

$$A_M = -\Delta G^0 = R \cdot T \cdot \ln K_p = 2,3 \cdot R \cdot T \cdot \lg K_p, \quad (2.12)$$

где K_p – константа равновесия.

По известному значению ЭДС можно найти константу равновесия, определяющую глубину самопроизвольно протекающей реакции элемента:

$$\lg K_p = \frac{n \cdot F \cdot E^0}{2,3R \cdot T} = \frac{n \cdot E^0}{0,059}, \quad (2.13)$$

где $2,3 R \cdot \frac{T}{F} = 2,3 \cdot 8,314 \cdot \frac{298}{96\,500} = 0,059$.

ЭДС работающего гальванического элемента всегда меньше теоретически рассчитанной и соответствующей обратимой электрохимической реакции.

Поляризация – смещение величин электродных потенциалов от их равновесных значений.

Концентрационная поляризация – изменение потенциала электрода по сравнению с равновесным значением, вызванное изменением концентрации потенциалопределяющих ионов в растворе.

Химическая поляризация – изменение потенциала электрода по сравнению с равновесным значением, вызванное изменением химической природы электрода.

Для уменьшения поляризации используется физическая деполяризация: перемешивание раствора, механическое удаление газа; а также химические деполяризаторы: вещества, вступающие в реакцию с продуктами, обуславливающими поляризацию.

1.2 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача 1

На основании расчетов докажите, какая из двух приведенных ниже реакций возможна:



Решение

Запишем уравнения реакций в краткой ионной форме:



Исходя из уравнений, окислителями являются ионы Fe^{3+} , восстановителями – атомы Cu .

Так как главным критерием возможности протекания окислительно-восстановительных реакций в растворах электролитов является неравенство (2.1), выпишем из таблицы А.1 значения стандартных электродных потенциалов:

$$\varphi_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}}^0 = -0,04 \text{ В}; \quad \varphi_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = +0,77 \text{ В}; \quad \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ В}.$$

Для реакции, представленной уравнением «а», $\varphi_{\text{ок}} < \varphi_{\text{вос}}$. Следовательно, эта реакция в прямом направлении невозможна. В случае «б» $\varphi_{\text{ок}} > \varphi_{\text{вос}}$, что отвечает условию возможности ее протекания.

Задача 2

Магниевую пластинку опустили в раствор его соли. При этом электродный потенциал магния оказался равен минус 2,41 В. Вычислите концентрацию ионов магния (моль/л).

Решение

Подобные задачи решаются на основании уравнения Нернста (2.4):

$$\varphi_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} = \varphi_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C_{\text{Mg}^{2+}};$$

$$-2,41 = -2,37 + \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Mg}^{2+}};$$

$$-0,04 = 0,0295 \lg C_{\text{Mg}^{2+}};$$

$$\lg C_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{-0,04}{0,0295} = -1,3559;$$

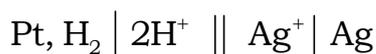
$$C_{\text{Mg}^{2+}} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

Задача 3

Составьте электрохимическую систему для определения численного значения стандартного электродного потенциала серебряного электрода.

Решение

Величины стандартных электродных потенциалов большинства технически важных металлов определены экспериментально относительно стандартного водородного электрода. Соберем замкнутую электрохимическую систему из двух стандартных электродов – водородного и серебряного – по следующей схеме:



$$C_{\text{H}^+} = 1 \text{ моль/л} \quad C_{\text{Ag}^+} = 1 \text{ моль/л};$$

$$P_{\text{H}_2} = 1 \text{ атм}, \quad T = 298 \text{ К.}$$

Измеренная экспериментально контактная разность потенциалов будет равна 0,799 В.

$$\text{Тогда } \varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 - \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0,799 \text{ В.}$$

$$\text{Так как } \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0, \text{ то значение } \varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,799 \text{ В.}$$

Задача 4

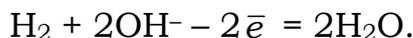
Рассчитайте численное значение потенциала водородного электрода, опущенного в раствор электролита с $pH = 10$. Запишите схему электрода, уравнение электродной реакции ($P_{\text{H}_2} = 1 \text{ атм}, T = 298 \text{ К}$).

Решение

С учетом характера среды электролита ($pH = 10$) схема водородного электрода в молекулярной и ионной формах имеет вид



Уравнение электродной реакции:



Численное значение потенциала водородного электрода

$$\varphi_{\text{H}_2/\text{OH}^-} = -0,059 \text{ pH} = -0,059 \cdot 10 = -0,59 \text{ В}.$$

Задача 5

Определите направление протекания реакции $\text{Mn} + \text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni} + \text{Mn}^{2+}$ при 298 К и $C_{\text{Mn}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л, $C_{\text{Ni}^{2+}} = 10^{-2}$ моль/л. Составьте схему гальванического элемента, работающего на основе данной реакции. Рассчитайте ЭДС элемента и ΔG_{298}^0 .

Решение

Направление самопроизвольного протекания окислительно-восстановительных реакций в растворах электролитов определяется соотношением потенциалов взаимодействующих систем, т. к. потенциал является количественной оценкой окислительно-восстановительной способности каждой из систем.

Реакция идет в том направлении, для которого потенциал окислителя больше потенциала восстановителя.

Выпишем из таблицы А.1 значения стандартных электродных потенциалов взаимодействующих электрохимических систем:

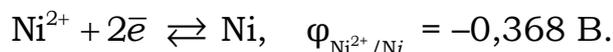
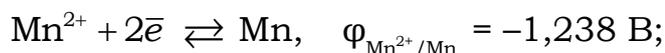
$$\varphi_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0 = -1,179 \text{ В}; \quad \varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,250 \text{ В}.$$

Вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условии задачи концентрациях ионов по уравнению Нернста:

$$\varphi_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}} = \varphi_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C_{\text{Mn}^{2+}} = -1,179 + \frac{0,059}{2} \cdot \lg 10^{-2} = -1,238 \text{ В};$$

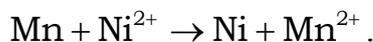
$$\varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = \varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C_{\text{Ni}^{2+}} = -0,250 + \frac{0,059}{2} \cdot \lg 10^{-4} = -0,368 \text{ В}.$$

Сравним окислительно-восстановительную активность взаимодействующих систем в указанных условиях по рассчитанным значениям потенциалов:

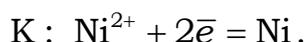
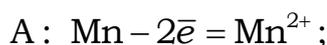
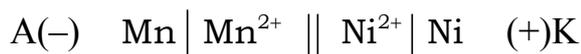


Окисленные формы в этих системах Mn^{2+} и Ni^{2+} . Так как больший потенциал у системы, содержащей Ni^{2+} , то и окислительные свойства

сильнее у этого иона, чем у Mn^{2+} . Из двух восстановленных форм (Mn и Ni), в соответствии с потенциалами, более сильным восстановителем является Mn, т. к. легче окисляется (отдает электроны тот восстановитель, потенциал которого меньше). Окислительные свойства Ni^{2+} и восстановительные свойства Mn реализуются во взаимодействии:



То, что реакция будет протекать именно в этом направлении, можно показать расчетом ЭДС. При таком направлении процесса схема гальванического элемента на его основе будет иметь следующий вид:



Уравнение токообразующей реакции элемента в ионной форме имеет вид



$$E = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_{Ni^{2+}/Ni} - \varphi_{Mn^{2+}/Mn} = -0,368 - (-1,238) = 0,87 \text{ В.}$$

Положительное значение ЭДС свидетельствует о том, что направление протекания процесса определено правильно. При постоянных P и T самопроизвольным изменениям в системе соответствует уменьшение свободной энергии Гиббса ($\Delta G < 0$). В рассматриваемом примере

$$\Delta G_{298}^0 = -n \cdot F \cdot E = -2 \cdot 96\,500 \cdot 0,87 = -167,9 \text{ кДж.}$$

Задача 6

Гальванический элемент состоит из железного электрода, погруженного в 0,1 М раствор сульфата железа(II), и водородного электрода, погруженного в 0,1 М раствор соляной кислоты. Степени электролитической диссоциации $FeSO_4$ и HCl соответственно равны 60 и 100 %. Составьте схему элемента, напишите уравнения электродных процессов и рассчитайте при $T = 298 \text{ К}$ и $P_{H_2} = 101,325 \text{ кПа}$ ЭДС элемента.

Решение

Чтобы составить схему и определить ЭДС элемента, необходимо вычислить электродные потенциалы предлагаемых электрохимических систем в указанных условиях. Для этого находим в таблице А.1 значения стандартных электродных потенциалов систем Fe/Fe^{2+} ($-0,44 \text{ В}$) и $Pt, H_2/2H^+$ ($0,00 \text{ В}$) и рассчитываем значения потенциалов по уравнению Нернста.

Так как величина электродного потенциала металла зависит от концентрации его ионов в растворе, определим концентрацию ионов Fe^{2+} в 0,1 М FeSO_4 .

Сильные электролиты диссоциируют необратимо:



$$C_{\pm} = n \cdot \alpha \cdot C_M; \quad C_{\text{Fe}^{2+}} = n \cdot \alpha \cdot C_M = 1 \cdot 0,6 \cdot 0,1 = 0,06 \text{ моль/л.}$$

Электродный потенциал железа

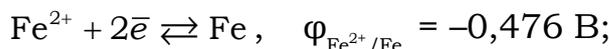
$$\varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = \varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^{\circ} + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C_{\text{Fe}^{2+}} = -0,44 + \frac{0,059}{2} \cdot \lg 6 \cdot 10^{-2} = -0,476 \text{ В.}$$

Потенциал водородного электрода равен $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \text{ pH}$.

Для определения pH 0,1 М раствора HCl рассчитаем концентрацию ионов H^+ в этом растворе: $C_{\text{H}^+} = n \cdot \alpha \cdot C_M = 1 \cdot 1 \cdot 0,1 = 10^{-1}$ моль/л ($n = 1$, $\alpha = 1$).

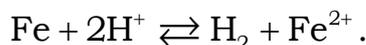
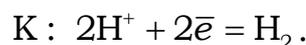
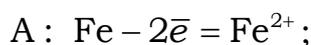
Подставляя рассчитанные значения, получим $\text{pH} = -\lg C_{\text{H}^+} = -\lg 10^{-1} = 1$ и соответственно $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \cdot 1 = -0,059 \text{ В}$.

Сравним окислительно-восстановительную активность взаимодействующих систем в указанных условиях:



Поскольку $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} > \varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}$, то катодом этого гальванического элемента будет водородный электрод, а анодом – железный электрод.

В соответствии с этим работает следующая гальваническая цепь:



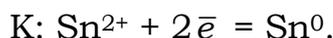
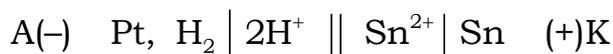
$$E = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{а}} = \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} - \varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^{\circ} = -0,059 - (-0,476) = 0,417 \text{ В.}$$

Задача 7

Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Sn}^{2+} + \text{H}_2 = \text{Sn} + 2\text{H}^+$. Определите pH раствора электролита водородного электрода, если оловянный электрод стандартный, а ЭДС элемента равна 0,1 В. Рассчитайте значения ΔG электрохимической реакции и константу равновесия K_P .

Решение

Из суммарного уравнения реакции следует, что водород (H_2) окисляется, а ионы Sn^{2+} восстанавливаются. Таким образом, водородный электрод – анод, а оловянный – катод. Запишем схему гальванического элемента и уравнения анодно-катодных процессов:



Так как, по условию задачи, оловянный электрод – стандартный, то значение его потенциала будет $\varphi_{Sn^{2+}/Sn}^0 = -0,136$ В (таблица А.1).

ЭДС элемента равна 0,1 В, отсюда

$$E = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_{Sn^{2+}/Sn}^0 - \varphi_{2H^+/H_2};$$

$$0,1 = -0,136 - \varphi_{2H^+/H_2}, \quad \varphi_{2H^+/H_2} = -0,136 - 0,1 = -0,236 \text{ В}.$$

$$\text{Так как } \varphi_{2H^+/H_2} = -0,059 pH, \quad \text{значение } pH = \frac{-0,236}{-0,059} = 4.$$

В соответствии с (2.11) и (2.13) определим изменение свободной энергии Гиббса ΔG и значение константы равновесия K_p :

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E = -2 \cdot 96\,500 \cdot 0,1 = -19,3 \text{ кДж/моль};$$

$$\lg K_p = \frac{n \cdot E}{0,059} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,059} = 3,38, \quad K_p = 10^{3,38}.$$

Задача 8

Можно ли полностью восстановить медь из раствора ее соли железными опилками?

Решение

Константа равновесия реакции $Fe + Cu^{2+} = Cu + Fe^{2+}$ выражается уравнением

$$K = \frac{C_{Fe^{2+}}}{C_{Cu^{2+}}}.$$

Разность стандартных потенциалов полуреакций

$$Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Fe, \quad \varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,440 \text{ В},$$

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cu, \quad \varphi_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337 \text{ В}$$

определяется как $\Delta\varphi = E^0 = 0,337 - (-0,44) = 0,78$ В.

Логарифм константы равновесия связан с разностью потенциалов соотношениями ((2.11), (2.12), (2.13)), следовательно,

$$\lg K = \frac{nE^0}{0,059} = \frac{2 \cdot 0,78}{0,059} = 26,4, \quad K = 10^{26,4}.$$

Из расчета следует, что в состоянии равновесия концентрация ионов Fe^{2+} в растворе будет больше концентрации оставшихся в нем ионов Cu^{2+} в 10^{26} раз, следовательно, данная реакция практически необратима, т. е. вся медь восстанавливается из раствора ее соли железными опилками.

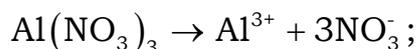
Задача 9

Гальванический элемент состоит из алюминиевого электрода, погруженного в 0,003 М раствор нитрата алюминия, и водородного электрода, погруженного в 0,0001 М раствор соляной кислоты (степени электролитической диссоциации $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ и HCl равны 100 %, $T = 298 \text{ К}$ и $P_{\text{H}_2} = 101,325 \text{ кПа}$). Чему равна концентрационная поляризация анода? Как изменится в связи с этим ЭДС элемента, если в процессе работы концентрация ионов Al^{3+} меняется от 0,003 до 0,1 моль/л?

Решение

Определим начальные электродные потенциалы анода и катода гальванического элемента.

Сильные электролиты диссоциируют необратимо:



$$C_{\text{Al}^{3+}} = n \cdot \alpha \cdot C_M = 1 \cdot 1 \cdot 0,003 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Электродный потенциал алюминия

$$\varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = \varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg C_{\text{Al}^{3+}} = -1,66 + \frac{0,059}{3} \cdot \lg 3 \cdot 10^{-3} = -1,71 \text{ В}.$$

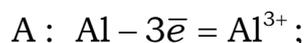
Потенциал водородного электрода равен $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \text{ рН}$.

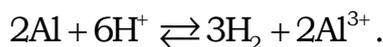
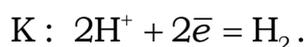
Для определения рН 0,0001 М раствора HCl рассчитаем концентрацию ионов H^+ в этом растворе: $C_{\text{H}^+} = n \cdot \alpha \cdot C_M = 1 \cdot 1 \cdot 0,0001 = 10^{-4} \text{ моль/л}$ ($n = 1$, $\alpha = 1$).

Подставляя значения, получим $\text{рН} = -\lg C_{\text{H}^+} = -\lg 10^{-4} = 4$ и соответственно $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \cdot 4 = -0,23 \text{ В}$.

Поскольку $\varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} > \varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}$, то катодом этого гальванического элемента будет водородный электрод, а анодом – алюминиевый электрод.

В соответствии с этим работает следующая гальваническая цепь:





$$E = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{а}} = \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} - \varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = -0,23 - (-1,71) = 1,48 \text{ В.}$$

Концентрационную поляризацию анода можно определить, используя соотношение (2.8):

$$E_{\text{поляр}} = \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{C_2}{C_1} = \frac{0,059}{3} \cdot \lg \frac{0,1}{0,003} = 0,019 \cdot 1,523 = 0,029 \text{ В.}$$

С учетом концентрационной поляризации потенциал алюминиевого электрода равен

$$\varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = -1,71 \text{ В} + 0,029 = -1,68 \text{ В.}$$

Конечная ЭДС гальванического элемента равна

$$E = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{а}} = \varphi_{2\text{H}^+/\text{H}_2} - \varphi_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -0,23 - (-1,68) = 1,45 \text{ В.}$$

ЭДС гальванического элемента в процессе работы уменьшится на 0,03 В, $\Delta E = 1,48 - 1,45 = 0,03 \text{ В.}$

1.3 ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1.1.1 Варианты тестовых заданий 1-го уровня сложности

Вариант 1

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите металл с наибольшей восстановительной активностью:

- а) Li б) Zn в) Fe г) Cu.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Ni} + \text{Pb}^{2+} = \text{Ni}^{2+} + \text{Pb}$:

- а) $\text{Ni} | \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 || \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 | \text{Pb}$; в) $\text{Ni} | \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 || \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 | \text{Pb}$;
б) $\text{Ni} | \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 || \text{H}_2\text{SO}_4 | \text{Pb}$; г) $\text{Ni} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Pb}?$

Вариант 2

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

- 1) $\text{Cu} + \text{Pb}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Pb}$; 2) $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$

Вариант 5

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Mn} + \text{Pb}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{Pb}$:

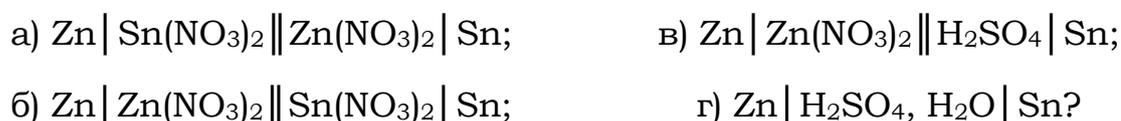
- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. В каком из гальванических элементов никелевый электрод является катодом:



- а) схема 1; в) в обеих схемах является катодом;
б) схема 2; г) в обеих схемах является анодом.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Zn} + \text{Sn}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Sn}$:



Вариант 6

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Водные растворы солей а) Na_2SO_4 , б) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, в) AgNO_3 , г) AlCl_3 , с которыми будут реагировать цинковые пластинки, опущенные в них:



3. У какого из указанных химических гальванических элементов при стандартных условиях ЭДС наибольшая:



Вариант 7

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Sn} + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + \text{Fe}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите металл с наибольшей восстановительной активностью:

а) К; б) Sn; в) Ni; г) Ag.

3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе $(-) \text{Mn} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Fe}(+)$:

а) $\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}$; в) $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$;
б) $\text{Mn} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$; г) $\text{Fe} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$.

Вариант 8

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

1) $3\text{Cd}^{2+} + 2\text{Cr} \rightleftharpoons 3\text{Cd} + 2\text{Cr}^{3+}$; 2) $\text{Cu} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2$

а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. В каком из гальванических элементов цинковый электрод является анодом:

1) $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$; 2) $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$?

а) схема 1; в) в обеих схемах является катодом;
б) схема 2; г) в обеих схемах является анодом.

3. Какая из приведенных схем отвечает концентрационному гальваническому элементу:

а) $(-)\text{Mg} | \text{MgSO}_4(1 \text{ M}) || \text{CuSO}_4(1 \text{ M}) | \text{Cu}(+)$;
б) $(-)\text{Fe} | \text{Fe}(\text{NO}_3)_2(0,1 \text{ M}) || \text{Sn}(\text{NO}_3)_2(1 \text{ M}) | \text{Sn}(+)$;
в) $(-)\text{Sn} | \text{Sn}(\text{NO}_3)_2(0,1 \text{ M}) || \text{Sn}(\text{NO}_3)_2(1 \text{ M}) | \text{Sn}$;
г) $(-)\text{Fe} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Sn}(+)$?

Вариант 9

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Mg} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{Ag}$:

а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите схему металлического электрода:

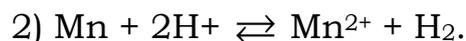
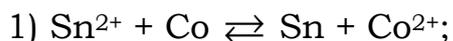
а) Pt, Ag | Ag⁺; б) Pt, H₂ | 2H⁺; в) Ag | Ag⁺; г) Pt, O₂ | 4OH⁻.

3. Из каких пар приведенных металлов следует составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной:

а) Zn и Fe; б) Cr и Cu; в) Sn и Ag; г) Zn и Ag?

Вариант 10

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



а) только реакция 1;

в) обе реакции протекают;

б) только реакция 2;

г) обе реакции не протекают.

2. Укажите металл с наибольшей окислительной активностью:

а) Ca;

б) Ag;

в) Cu;

г) Cd.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Mg} + \text{Ni}^{2+} = \text{Mg}^{2+} + \text{Ni}$:



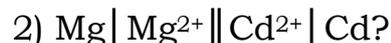
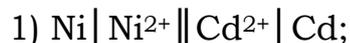
Вариант 11

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Ni} + \text{Co}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{Co}$

а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;

б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. В каком из гальванических элементов кадмиевый электрод является катодом:



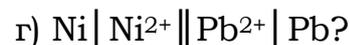
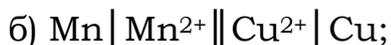
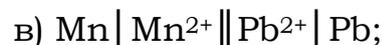
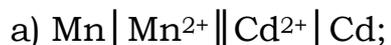
а) схема 1;

в) в обеих схемах является катодом;

б) схема 2;

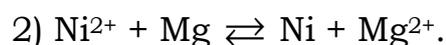
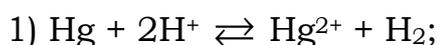
г) в обеих схемах является анодом.

3. У какого из указанных химических гальванических элементов при стандартных условиях ЭДС наибольшая:



Вариант 12

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



а) только реакция 1;

в) обе реакции протекают;

б) только реакция 2;

г) обе реакции не протекают.

2. Водные растворы солей

а) AgNO_3 , б) HgSO_4 , в) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, г) MgCl_2 ,

с которыми будут реагировать медные пластинки, опущенные в них:

1) а, г; 2) б, в; 3) в, г; 4) а, б.

3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе $(-) \text{Zn} | \text{Zn}^{2+} || \text{Cd}^{2+} | \text{Cd}(+)$:

а) $\text{Cd} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}^{2+}$; в) $\text{Zn} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$;

б) $\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}$; г) $\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}$.

Вариант 13

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Fe} + \text{Cd}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Cd}$:

а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;

б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите металл с наибольшей восстановительной активностью:

а) Pb ; б) Cr ; в) Mn ; г) Sn .

3. Из каких пар приведенных металлов следует составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной:

а) Mn и Cd ; б) Mn и Cu ; в) Cd и Cu ; г) Cd и Pb ?

Вариант 14

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

1) $2\text{Ag}^+ + \text{Pb} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Pb}^{2+}$; 2) $\text{Fe}^{2+} + \text{Cu} \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{Cu}^{2+}$.

а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;

б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Укажите схему кислородного электрода:

а) $\text{Pt}, \text{O}_2 | 4\text{OH}^-$; б) $\text{Pt} | \text{O}_2, 4\text{OH}^-$; в) $\text{O}_2 | 4\text{OH}^-$; г) $\text{Pt}, 4\text{OH}^- | \text{O}_2$.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Sn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Sn}^{2+} + \text{Cu}$:

а) $\text{Sn} | \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 || \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 | \text{Cu}$; б) $\text{Sn} | \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 || \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 | \text{Cu}$;

в) $\text{Sn} | \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 || \text{H}_2\text{SO}_4 | \text{Cu}$; г) $\text{Sn} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Cu}$?

Вариант 15

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Fe} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Zn}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
 б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.
2. Какое условие отвечает самопроизвольному протеканию электрохимической реакции?

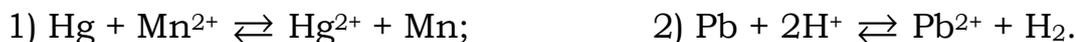
- а) $\varphi_{\text{ок}} < \varphi_{\text{восст}}$; б) $\varphi_{\text{А}} > \varphi_{\text{К}}$; в) $\varphi_{\text{ок}} > \varphi_{\text{восст}}$; г) $\varphi_{\text{К}} > 0$?

3. У какого из указанных химических гальванических элементов при стандартных условиях ЭДС наибольшая:

- а) $\text{Ni} | \text{Ni}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$; в) $\text{Fe} | \text{Fe}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$;
 б) $\text{Cd} | \text{Cd}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$; г) $\text{Sn} | \text{Sn}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$?

Вариант 16

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
 б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Укажите металл с наибольшей окислительной активностью:

- а) Cd; б) K; в) Hg; г) Co.

3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе (-) $\text{Zn} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Sn}(+)$:

- а) $\text{Zn} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$; б) $\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}$;
 в) $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$; г) $\text{Sn} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$.

Вариант 17

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Zn} + \text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{Ni}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
 б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

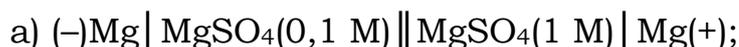
2. Водные растворы солей

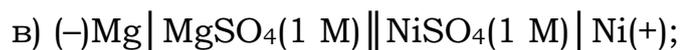
- а) SnCl_2 , б) Na_2SO_4 , в) $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$, г) FeSO_4 ,

с которыми будут реагировать магниевые пластинки, опущенные в них:

- 1) а, г; 2) б, в; 3) в, г; 4) а, б.

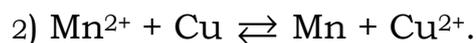
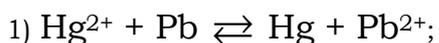
3. Какая из приведенных схем отвечает концентрационному гальваническому элементу:





Вариант 18

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



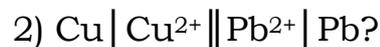
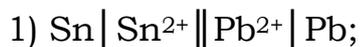
а) только реакция 1;

в) обе реакции протекают;

б) только реакция 2;

г) обе реакции не протекают.

2. В каком из гальванических элементов свинцовый электрод является анодом:



а) схема 1;

в) в обеих схемах является катодом;

а) схема 2;

г) в обеих схемах является анодом.

3. Из каких пар приведенных металлов следует составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной:

а) Ni и Pb;

б) Zn и Ni;

в) Mg и Pb;

г) Mg и Ni?

Вариант 19

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Pb} + \text{Cd}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + \text{Zn}$:

а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;

б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите металл с наибольшей восстановительной активностью:

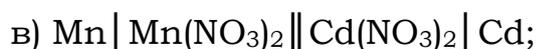
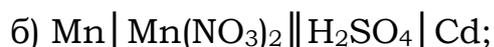
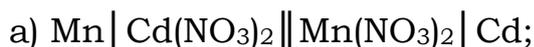
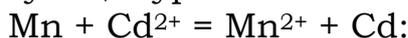
а) Cu;

б) Co;

в) Mg;

г) Ag.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции:



Вариант 20

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

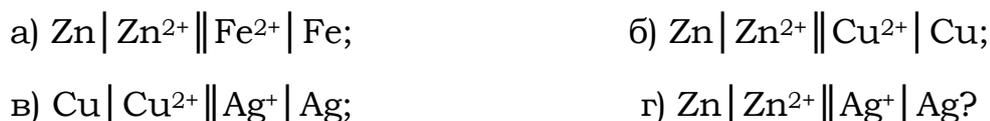


- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Укажите схему магниевого электрода:



3. У какого из указанных химических гальванических элементов при стандартных условиях ЭДС наибольшая:



Вариант 21

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. В каком из гальванических элементов марганцевый электрод является катодом:



- а) схема 1; в) в обеих схемах является катодом;
б) схема 2; г) в обеих схемах является анодом.

3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе $(-) \text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}(+)$:



Вариант 22

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Укажите металл с наибольшей окислительной активностью:

- а) Ni; б) Zn; в) Pb; г) Ca.

3. Из каких пар приведенных металлов следует составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной:

- а) Cr и Ni; б) Zn и Ni; в) Cr и Cu; г) Zn и Ag?

Вариант 23

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Cd} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + \text{Zn}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
 б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

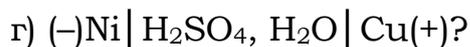
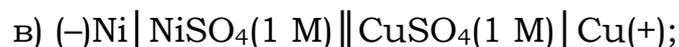
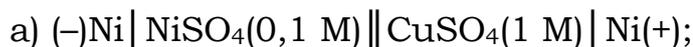
2. Водные растворы солей

- а) K_2SO_4 , б) AgNO_3 , в) CuCl_2 , г) CrCl_3 ,

с которыми будут реагировать свинцовые пластинки, опущенные в них:

- 1) а, г; 2) б, в; 3) в, г; 4) а, б.

3. Какая из приведенных схем отвечает концентрационному гальваническому элементу:



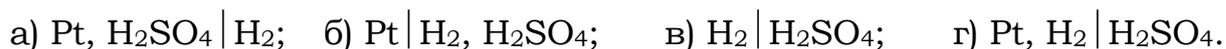
Вариант 24

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

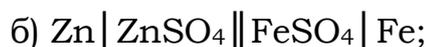
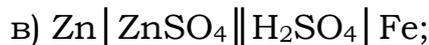
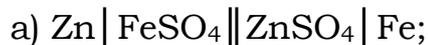


- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
 б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. Укажите схему водородного электрода:



3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Zn} + \text{Fe}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}$:



Вариант 25

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Fe} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}$:

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите металл с наибольшей восстановительной активностью:

- а) Вi; б) Мn; в) Сu; г) Ва.

3. У какого из указанных химических гальванических элементов при стандартных условиях ЭДС наибольшая:

- а) $\text{Mn} | \text{Mn}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$; в) $\text{Mn} | \text{Mn}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$;
б) $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$; г) $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$?

Вариант 26

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:

- 1) $\text{Co} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{Zn}$; 2) $\text{Ca} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2$.

- а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. В каком из гальванических элементов медный электрод является анодом:

- 1) $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$; 2) $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$?

- а) схема 1; в) в обеих схемах является катодом;
б) схема 2; г) в обеих схемах является анодом.

3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе $(-) \text{Ni} | \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O} | \text{Cu}(+)$:

- а) $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$; в) $\text{Cu} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$;
б) $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}$; г) $\text{Ni} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Ni}^{2+}$.

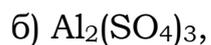
Вариант 27

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{Cu}$

- а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;
б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Водные растворы солей

- а) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, в) FeCl_2 ,



с которыми будут реагировать оловянные пластинки, опущенные в них:

1) а, г;

2) б, в;

3) в, г;

4) а, б.

3. Из каких пар приведенных металлов следует составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной:

а) Cd и Ag;

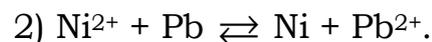
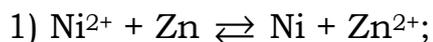
б) Pb и Cu;

в) Cd и Pb;

г) Pb и Ag?

Вариант 28

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



а) только реакция 1;

в) обе реакции протекают;

б) только реакция 2;

г) обе реакции не протекают.

2. Укажите металл с наибольшей окислительной активностью:

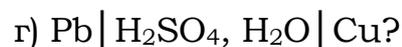
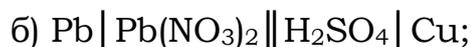
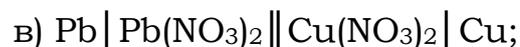
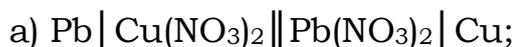
а) Cd;

б) Ni;

в) Cr;

г) Ca.

3. Какой схеме гальванического элемента соответствует токообразующее уравнение электрохимической реакции: $\text{Pb} + \text{Cu}^{2+} = \text{Pb}^{2+} + \text{Cu}$:



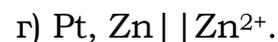
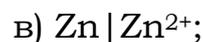
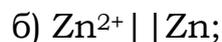
Вариант 29

1. Определите, в каком направлении при стандартных условиях протекает реакция $\text{Mg} + \text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{Sn}$:

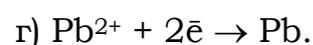
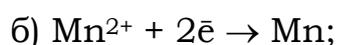
а) в прямом направлении; в) равновероятна в обоих направлениях;

б) в обратном направлении; г) без расчета определить нельзя.

2. Укажите схему цинкового электрода:



3. Укажите процессы, протекающие на электродах в гальваническом элементе $(-) \text{Mn} | \text{Mn}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}(+)$:



Вариант 30

1. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



а) только реакция 1; в) обе реакции протекают;

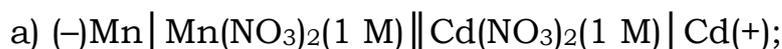
б) только реакция 2; г) обе реакции не протекают.

2. При какой концентрации ионов металла в растворе электролита потенциал металлического электрода равен стандартному:

а) меньше 1 моль/л; в) нельзя определить;

б) больше 1 моль/л; г) равной 1 моль/л?

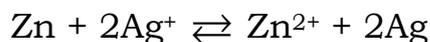
3. Какая из приведенных схем отвечает концентрационному гальваническому элементу:



1.1.2 Варианты тестовых заданий 2-го уровня сложности

Вариант 1

1. Для реакции



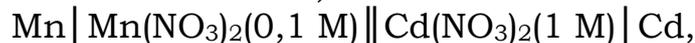
ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

а) -301,47; б) 150,54; в) -301,47; г) -150,54.

2. Электродный потенциал никелевого электрода, погруженного в 0,2 М раствор сульфата никеля (II), равен (В):

а) -0,2; б) -0,29; в) -0,27; г) -0,25.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме



равна (В):

а) 0,81; б) -0,797; в) 0,797; г) 0,796.

Вариант 2

1. Электродный потенциал водородного электрода, погруженного в 0,01 М раствор серной кислоты, равен (В):

а) 0; б) -0,1; в) -0,118; г) 0,2.

2. Концентрация ионов магния, если магниевый электрод в растворе его соли имеет потенциал $-2,42$ В при температуре 25°C , равна (моль/л):

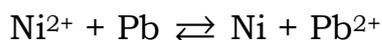
- а) 0,098; б) 0,005; в) 0,98; г) 0,01.

3. ЭДС элемента, в котором при 25°C установилось равновесие $\text{Pb} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{Cu}$ при концентрации ионов свинца и меди равных соответственно 0,01 и 0,1 моль/л, равна (В):

- а) $-0,386$; б) 0,492; в) 1,51; г) 0,386.

Вариант 3

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 23,932; б) 47,864; в) $-23,932$; г) 11,966.

2. Электродный потенциал системы $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$ равен ..., если концентрация ионов серебра в растворе равна 0,1 моль/л (В):

- а) 0,69; б) 1,69; в) 0,74; г) 0,799.

3. ЭДС гальванического элемента, образованного железным электродом, погруженным в 0,1 М раствор сульфата железа (II), и медным электродом, погруженным в 0,1 М раствор сульфата меди (II), равна (В):

- а) $-0,39$; б) 0,39; в) 0,78; г) 0,74.

Вариант 4

1. pH раствора, если потенциал водородного электрода в водном растворе составляет $-0,145$ В, равен:

- а) 0,145; б) 2,46; в) $-2,46$; г) 288,4.

2. Концентрация ионов алюминия, если алюминиевый электрод в растворе его соли имеет потенциал $-1,72$ В при температуре 25°C , равна (моль/л):

- а) 0,001; б) 0,83; в) $-0,84$; г) 0,84.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме

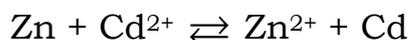


равна (В):

- а) 0,53; б) 0,463; в) $-0,463$; г) $-0,926$;

Вариант 5

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 69,480; б) 34,740; в) -34,740; г) -69,480.

2. Электродный потенциал системы $\text{Co}^{2+}|\text{Co}$ равен ..., если концентрация ионов кобальта в растворе равна 0,1 моль/л (В):

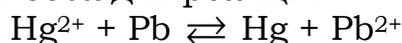
- а) -0,613; б) 0,36; в) -0,3065; г) -0,277.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Mn} + \text{Cd}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{Cd}$ при концентрации ионов марганца и кадмия равных соответственно 0,1 и 0,01 моль/л, равна (В):

- а) 0,7465; б) 0,7365; в) 0,3853; г) -0,7365.

Вариант 6

1. Изменение энергии Гиббса для реакции



при стандартных условиях (исходя из значений стандартных электродных потенциалов) равно (кДж/моль):

- а) -189,140; б) 94,57; в) 189,140; г) 116,93.

2. Концентрация ионов меди, если медный электрод в растворе его соли имеет потенциал 0,25 В при температуре 25°C, равна (моль/л):

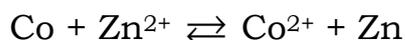
- а) 0,04786; б) 0,001; в) 4,786; г) 0,01.

3. ЭДС гальванического элемента, состоящего из металлического никеля, погруженного в 0,1 М раствор нитрата никеля (II), и металлического серебра, погруженного в 0,02 М раствор нитрата серебра, равна (В):

- а) -1,049; б) 0,98; в) 1,049; г) -0,549.

Вариант 7

1. Для реакции



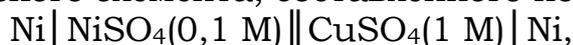
ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -93,8; б) 0,486; в) -0,486; г) 93,8.

2. Электродный потенциал медного электрода, погруженного в 0,6 М раствор сульфата меди, равен (В):

- а) 0,323; б) 0,33; в) 0,337; г) 0,32.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме



равна (В):

- а) 0,62; б) 0,117; в) 0; г) -0,117.

Вариант 8

1. Электродный потенциал водородного электрода, погруженного в раствор электролита с $pH=12$, равен (В):

- а) $-0,71$; б) $0,71$; в) 0 ; г) $-0,063$.

2. Концентрация ионов марганца, если марганцевый электрод в растворе его соли имеет потенциал $-1,23$ В при температуре $25\text{ }^\circ\text{C}$, равна (моль/л):

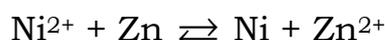
- а) $0,02$; б) $-496,57$; в) $0,076$; г) $-0,076$.

3. ЭДС элемента, в котором при $25\text{ }^\circ\text{C}$ установилось равновесие $\text{Cd} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + 2\text{Ag}$ при концентрации ионов кадмия и серебра равных соответственно 10^{-2} и 10^{-3} моль/л, равна (В):

- а) $1,343$; б) $1,18$; в) $1,084$; г) $0,563$.

Вариант 9

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) $-49,0045$; б) $49,0045$; в) $-99,009$; г) $99,009$.

2. Электродный потенциал системы $\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$ равен ..., если концентрация ионов магния в растворе равна $0,1$ моль/л (В):

- а) $-0,059$; б) $-2,363$; в) $-1,1965$; г) $-2,393$.

3. ЭДС гальванического элемента, образованного марганцевым электродом, погруженным в $0,1$ М раствор сульфата марганца (II), и медным электродом, погруженным в $0,1$ М раствор сульфата меди (II), равна (В):

- а) $0,68$; б) $0,17$; в) $1,52$; г) $0,34$.

Вариант 10

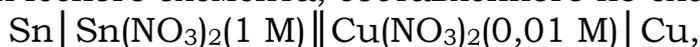
1. При каком значении pH потенциал водородного электрода минимальный:

- а) 0 ; б) 1 ; в) 14 ; г) $7?$

2. Концентрация ионов цинка, если потенциал цинкового электрода на $0,015$ В меньше его стандартного электродного потенциала, равна (моль/л):

- а) $0,310$; б) $-0,763$; в) $-0,3815$; г) $0,748$.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме

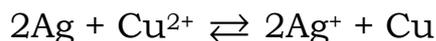


равна (В):

- а) $0,473$; б) $0,421$; в) $0,414$; г) $0,412$.

Вариант 11

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -90,324; б) 44,583; в) 90,324; г) 90324.

2. Электродный потенциал системы $\text{Sn}^{2+}|\text{Sn}$ равен ..., если концентрация ионов олова в растворе равна 0,1 моль/л (В):

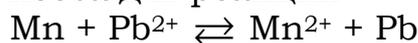
- а) -0,85; б) -0,17; в) -0,161; г) 0,85.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Ni} + \text{Pb}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{Pb}$ при концентрации никеля и свинца равных соответственно 0,01 и 0,02 моль/л, равна (В):

- а) 0,133; б) 0,124; в) -0,124; г) 0,144.

Вариант 12

1. Изменение энергии Гиббса для реакции



при стандартных условиях (исходя из значений стандартных электродных потенциалов) равно (кДж/моль):

- а) -101,61; б) 101,61; в) -203,229; г) 203,229.

2. Концентрация ионов хрома, если хромовый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,77 В при температуре 25°C, равна (моль/л):

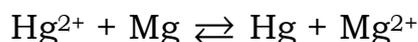
- а) 0,096; б) 0,048; в) 0,024; г) 0,072.

3. ЭДС гальванического элемента, состоящего из металлического магния, погруженного в 0,2 М раствор сульфата магния, и металлического цинка, погруженного в 0,1 М раствор сульфата цинка, равна (В):

- а) 1,561; б) 2,01; в) 1,591; г) 0,78.

Вариант 13

1. Для реакции



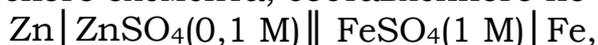
ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 301445; б) -620,881; в) 310,44; г) -310,44.

2. Электродный потенциал системы $\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}$ равен ..., если концентрация ионов кадмия в растворе равна 0,1 моль/л (В):

- а) 0,0403; б) -0,0403; в) -0,433; г) -0,403.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме



равна (В):

- а) 0,457; б) 0,363; в) 0,727; г) 0,353.

Вариант 14

1. Электродный потенциал водородного электрода, погруженного в 0,01 М раствор гидроксида натрия, равен (В):

- а) 0; б) -1,42; в) -0,71; г) 0,71.

2. Концентрация ионов железа, если железный электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,49 В при температуре 25°C, равна (моль/л):

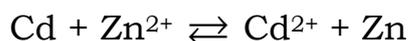
- а) 0,25; б) 0,02; в) 0,2; г) -0,45.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $Zn + Sn^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + Sn$ при концентрации ионов цинка и олова равных соответственно 10^{-3} и 10^{-2} моль/л, равна (В):

- а) -0,657; б) 0,627; в) -0,627; г) 0,633.

Вариант 15

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 238,548; б) 59,637; в) 119,274; г) 69,48.

2. Электродный потенциал серебряного электрода, погруженного в 0,04 М раствор нитрата серебра, равен (В):

- а) 0,588; б) 0,846; в) 0,717; г) 0,799.

3. ЭДС гальванического элемента, образованного магниевым электродом, погруженным в 0,1 М раствор нитрата магния, и никелевым электродом, погруженным в 0,2 М раствор нитрата никеля, равна (В):

- а) 2,113; б) 2,1219; в) 2,1292; г) 2,0863.

Вариант 16

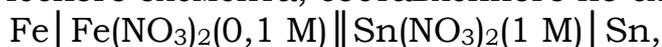
1. pH раствора, если потенциал водородного электрода в водном растворе составляет -0,201 В, равен:

- а) 3,41; б) 7,0; в) 6,5; г) 3,89;

2. Концентрация ионов кадмия, если кадмиевый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,45 В при температуре 25 °С, равна (моль/л):

- а) 0,25; б) 2,5; в) 0,025; г) 0,625.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме

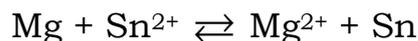


равна (В):

- а) 0,334; б) 0,304; в) -0,304; г) 0,424.

Вариант 17

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 215,056; б) 214,9055; в) -214,9055; г) -429,811.

2. Электродный потенциал системы $\text{Cr}^{3+}|\text{Cr}$ равен ..., если концентрация ионов хрома в растворе равна 0,1 моль/л (В):

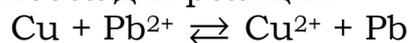
- а) -0,724; б) -0,744; в) -0,764; г) -0,788.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Pb} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{Ag}$ при концентрации ионов свинца и серебра равных соответственно 0,02 и 0,01 моль/л, равна (В):

- а) 0,963; б) 0,86; в) 0,915; г) 0,945.

Вариант 18

1. Изменение энергии Гиббса для реакции



при стандартных условиях (исходя из значений стандартных электродных потенциалов) равно (кДж/моль):

- а) 89,359; б) 44,6795; в) -89,359; г) -44,6795.

2. Концентрация ионов кобальта, если кобальтовый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,33 В при температуре 25°C, равна (моль/л):

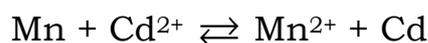
- а) 0,16; б) 0,016; в) 6,1; г) 0,61.

3. ЭДС гальванического элемента, состоящего из металлического алюминия, погруженного в 0,01 М раствор сульфата алюминия, и металлического никеля, погруженного в 0,01 М раствор сульфата никеля (II), равна (В):

- а) 1,39; б) 1,411; в) 1,45; г) 1,399.

Вариант 19

1. Для реакции



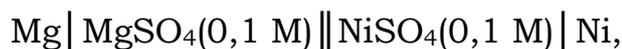
ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -37,442; б) 74,884; в) -149,768; г) 149,768.

2. Электродный потенциал системы $\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}$ равен ..., если концентрация ионов свинца в растворе равна 0,1 моль/л (В):

- а) -0,292; б) -0,125; в) -0,155; г) 0,189.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме



равна (В):

- а) 2,113; б) 2,1143; в) 2,533; г) 2,532.

Вариант 20

1. Электродный потенциал водородного электрода, погруженного в раствор с концентрацией ионов водорода 0,01 моль/л, равен (В):

- а) 0,182; б) -0,118; в) 0; г) -0,182.

2. Концентрация ионов меди, если потенциал медного электрода на 0,02 В меньше его стандартного электродного потенциала, равна (моль/л):

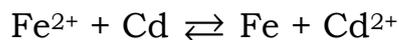
- а) 1,89; б) 0,63; в) 0,21; г) 0,26;

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Mg} + \text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{Ni}$ при концентрации ионов магния и никеля равных соответственно 10^{-2} и 10^{-3} моль/л, равна (В):

- а) 2,28; б) 2,14; в) 2,08; г) 2,18.

Вариант 21

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -7,141 б) -3,575 в) 3,575 г) 7,141

2. Электродный потенциал магниевоего электрода, погруженного в 0,08 М раствор хлорида магния, равен (В):

- а) -2,363; б) -2,395; в) -2,386; г) -2,569.

3. ЭДС гальванического элемента, образованного никелевым электродом, погруженным в 0,1 М раствор сульфата никеля (II), и медным электродом, погруженным в 0,01 М раствор сульфата меди (II), равна (В):

- а) 0,358; б) 0,598; в) 0,695; г) 0,558.

Вариант 22

1. При каком значении pH потенциал водородного электрода максимальный:

- а) 0; б) 1; в) 14; г) 7?

2. Концентрация ионов свинца, если свинцовый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,17 В при температуре 25°C, равна (моль/л):

- а) 0,6; б) 0,03; в) 0,126; г) 1,2.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме

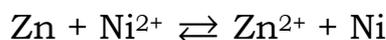


равна (В):

- а) 0,627; б) 0,59; в) 0,29; г) 0,6.

Вариант 23

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -99,009; б) 49,955; в) -49,955; г) -49955.

2. Электродный потенциал системы $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$ равен ..., если концентрация ионов железа в растворе равна 0,1 моль/л (В):

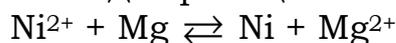
- а) -0,381; б) -0,34; в) -0,47; г) -0,44.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Co} + \text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{Sn}$ при концентрации ионов кобальта и олова равных соответственно 0,01 и 0,1 моль/л, равна (В):

- а) 0,17; б) 0,27; в) 0,1; г) 0,36.

Вариант 24

1. Изменение энергии Гиббса для реакции



при стандартных условиях (исходя из значений стандартных электродных потенциалов) равно (кДж/моль):

- а) 203904; б) -203,9045; в) -407,809; г) 203,9045.

2. Концентрация ионов цинка, если цинковый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,79 В при температуре 25°С, равна (моль/л):

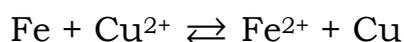
- а) 0,121; б) 1,136; в) 0,141; г) 0,169.

3. ЭДС гальванического элемента, состоящего из металлического алюминия, погруженного в 0,01 М раствор нитрата алюминия, и металлического серебра, погруженного в 0,1 М раствор нитрата серебра, равна (В):

- а) 2,12; б) 2,44; в) 2,36; г) 2,64.

Вариант 25

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) 149,96; б) -149,96; в) 74,98; г) -74,98.

2. Электродный потенциал системы $\text{Al}^{3+} | \text{Al}$ равен ..., если концентрация ионов алюминия в растворе равна 0,1 моль/л (В):

- а) -1,48; б) -1,62; в) -1,662; г) -1,68.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме



равна (В):

- а) 0,164; б) 0,136; в) 0,13; г) 0,124.

Вариант 26

1. Электродный потенциал водородного электрода, погруженного в раствор с концентрацией ионов водорода 0,02 моль/л, равен (В):

- а) 0,1 б) -0,05 в) -0,1 г) 0,2

2. Концентрация ионов никеля, если никелевый электрод в растворе его соли имеет потенциал -0,31 В при температуре 25 °С, равна (моль/л):

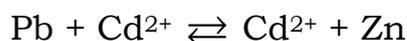
- а) 0,01; б) 0,02; в) 0,1; г) 0,2.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}$ при концентрации ионов цинка и серебра равных соответственно 0,1 и 0,01 моль/л, равна (В):

- а) 1,46 б) 1,28 в) 1,47 г) 1,66

Вариант 27

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) -53,461 б) 53,461 в) 26,73 г) -26,73

2. Электродный потенциал системы $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$ равен ..., если концентрация ионов марганца в растворе равна 0,1 моль/л (В):

- а) -1,21; б) -1,179; в) -1,329; г) -1,269.

3. ЭДС гальванического элемента, образованного цинковым электродом, погруженным в 0,01 М раствор нитрата цинка, и медным электродом, погруженным в 0,1 М раствор нитрата меди (II), равна (В):

- а) 0,87; б) 0,86; в) 1,13; г) 1,33.

Вариант 28

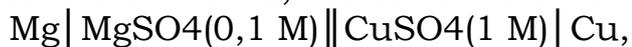
1. pH раствора, если потенциал водородного электрода в водном растворе составляет -0,118 В, равен:

- а) 7; б) 2; в) 3; г) 5.

2. Концентрация ионов олова, если оловянный электрод в растворе его соли имеет потенциал $-0,18$ В при температуре 25 °С, равна (моль/л):

- а) 0,057; б) 0,025; в) 0,032; г) 0,32.

3. ЭДС гальванического элемента, составленного по схеме

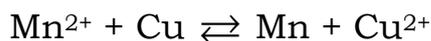


равна (В):

- а) 2,39; б) 2,88; в) 2,56; г) 2,73.

Вариант 29

1. Для реакции



ΔG_{298}^0 , исходя из значений стандартных электродных потенциалов, равно (кДж/моль):

- а) $-292,588$; б) $-146,294$; в) $146,294$; г) $292,588$.

2. Электродный потенциал цинкового электрода, погруженного в $0,01$ М раствор нитрата цинка, равен (В):

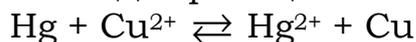
- а) $-0,822$; б) $-0,763$; в) $-0,684$; г) $-0,623$.

3. ЭДС элемента, в котором при 25 °С установилось равновесие $\text{Fe} + \text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Sn}$ при концентрации ионов железа и олова равных соответственно 10^{-3} и 10^{-2} моль/л, равна (В):

- а) 0,29; б) 0,61; в) 0,33; г) 0,54.

Вариант 30

1. Изменение энергии Гиббса для реакции



при стандартных условиях (исходя из значений стандартных электродных потенциалов) равно (кДж/моль):

- а) 99,781; б) 49,8905; в) $-49,8905$; г) $-65,5302$.

2. Концентрация ионов серебра, если серебряный электрод в растворе его соли имеет потенциал $0,71$ В при температуре 25 °С, равна (моль/л):

- а) 0,35; б) 0,035; в) 0,046; г) 0,031.

3. ЭДС гальванического элемента, состоящего из металлического магния, погруженного в $0,2$ М раствор нитрата магния, и металлического свинца, погруженного в $0,1$ М раствор нитрата свинца (II), равна (В):

- а) 2,45; б) 2,05; в) 2,23; г) 2,13.

1.4 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1.1.3 Варианты индивидуальных заданий 1-го уровня сложности

Вариант 1

1. При какой концентрации ионов Cu^{2+} (моль/л) потенциал медного электрода будет равен стандартному потенциалу водородного электрода?

2. Будет ли работать гальванический элемент, если потенциалы обоих электродов отрицательные? Ответ обоснуйте конкретным примером, составив схему элемента и вычислив стандартную ЭДС.

Вариант 2

1. Чем должны отличаться друг от друга две окислительно-восстановительные системы, для того чтобы их можно было использовать при составлении гальванического элемента? Приведите соответствующие примеры.

2. Будет ли работать гальванический элемент, состоящий из водородных электродов, погруженных в 1,0 и 0,1 М растворы КОН при 25 °С? (Степень диссоциации электролита примите равной 1). Приведите обоснованный ответ.

Вариант 3

1. Какие электродные потенциалы называют стандартными? В какой последовательности их принято располагать? Каковы критерии активности электрохимических систем?

2. Будет ли работать гальванический элемент, если потенциалы обоих электродов положительные? Ответ обоснуйте конкретным примером, составив схему элемента и вычислив стандартную ЭДС.

Вариант 4

1. Какую информацию содержит электрохимический ряд стандартных электродных потенциалов? Ответ подтвердите соответствующими примерами.

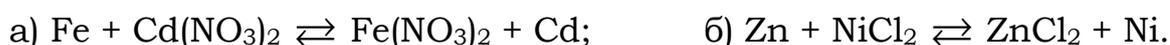
2. Рассчитайте ЭДС элемента, в котором установилось равновесие $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}$.

Ответ обоснуйте, составив схему элемента и вычислив стандартную ЭДС.

Вариант 5

1. По какой формуле можно найти электродный потенциал металла при любых температурах и концентрациях раствора его соли, если для него известно значение φ^0 ? При каких условиях $\varphi = \varphi^0$?

2. Составьте схемы и рассчитайте стандартные ЭДС гальванических элементов, в которых протекали бы следующие химические реакции:



Вариант 6

1. Какое значение pH имеет раствор кислоты в стандартном водородном электроде? Как изменится электродный потенциал при использовании раствора электролита с pH , равным 7?

2. Можно ли полностью восстановить никель из раствора его соли с помощью железных опилок? Ответ дайте на основании расчета константы равновесия соответствующей реакции.

Вариант 7

1. Какое значение pH имеет раствор гидроксида в стандартном кислородном электроде? Как изменится электродный потенциал при использовании раствора электролита с pH , равным 7?

2. Рассчитайте ЭДС элемента, в котором установилось равновесие $Cu + 2AgNO_3 \rightleftharpoons Cu(NO_3)_2 + 2Ag$. Ответ обоснуйте, составив схему элемента и вычислив стандартную ЭДС.

Вариант 8

1. Запишите схему гальванического элемента, с помощью которого можно определить стандартный электродный потенциал олова. Какие процессы, будут протекать на электродах?

2. При каких концентрациях электролита – хлорида цинка – ЭДС концентрационного элемента равна 0,1 В? Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

Вариант 9

1. Увеличится, уменьшится или останется без изменения масса цинковой пластинки при взаимодействии со следующими растворами: а) $CuSO_4$; б) $MgSO_4$; в) $Pb(NO_3)_2$? Ответ обоснуйте.

2. Рассчитайте ЭДС, составьте схему концентрационного элемента, состоящего из стандартного водородного электрода и водородного электрода, находящегося в чистой воде.

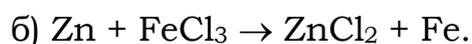
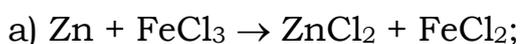
Вариант 10

1. Как устроен стандартный водородный электрод? От каких факторов зависит потенциал водородного электрода? Рассчитайте значения потенциала водородного электрода в нейтральной среде.

2. Можно ли полностью восстановить кадмий из раствора его соли с помощью железных опилок? Ответ дайте на основании расчета константы равновесия соответствующей реакции.

Вариант 11

1. Используя значения стандартных электродных потенциалов оцените возможность протекания следующих окислительно-восстановительных реакций:



2. Составьте схему гальванического элемента, которому соответствует токообразующая реакция $\text{H}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}$. Запишите уравнения электродных реакций и рассчитайте константу равновесия (условия стандартные).

Вариант 12

1. Вычислите значение электродного потенциала водорода в воде, в 0,05 М растворе H_2SO_4 , в 0,05 М растворе KOH . Составьте схемы этих электродов и уравнения электродных реакций.

2. Составьте схему гальванического элемента типа Вольта из кадмиевого (Cd) и никелевого (Ni) электродов. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте значение ЭДС.

Вариант 13

1. Рассчитайте значение электродного потенциала алюминия в растворе с концентрацией его ионов, равной 0,1; 0,01; 0,001 моль/л. Составьте схему электрода и уравнение электродной реакции.

2. Составьте схемы гальванических элементов, в которых ионы Ag^+ окисляют водород, ионы Cu^{2+} окисляют алюминий. Запишите уравнения токообразующих реакций и рассчитайте значения ΔG_{298}^0 .

Вариант 14

1. Какое значение pH имеет раствор электролита в стандартном водородном электроде? Составьте его схему. Как изменится его потенциал при значениях pH , равных 7 и 14? Укажите природу электролитов во всех случаях.

2. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никелевый стандартный электрод – анод, в другом – катод. Запишите уравнения анодно-катодных реакций. Для каждого случая рассчитайте значения стандартных ЭДС элементов, ΔG_{298}^0 , A_M .

Вариант 15

1. Вычислите потенциал электрода из платиновой пластины, насыщенной водородом в растворе с $pH = 3$ и $pH = 10$. Составьте схемы электродов и уравнения электродных реакций. Укажите природу электролитов.

2. Составьте схему гальванического элемента типа Даниэля – Якоби из стандартных кадмиевого (Cd) и свинцового (Pb) электродов. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте значения стандартной ЭДС элемента, ΔG_{298}^0 , A_M .

Вариант 16

1. Какие электроды называются стандартными электродами 1 рода, и как определяют значения их потенциалов (φ°)? Вычислите, как изменится электродный потенциал цинка при уменьшении концентрации 1 М раствора его соли в 100 и 1000 раз.

2. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых медный стандартный электрод – анод, в другом – катод. Запишите уравнения анодно-катодных реакций. Для каждого случая рассчитайте значения стандартной ЭДС элемента, ΔG_{298}^0 , A_M , K_P .

Вариант 17

1. Используя значения стандартных электродных потенциалов, докажите окисление кадмия в разбавленной серной кислоте с $pH = 5$ и устойчивость никеля в этих условиях.

2. Составьте схему гальванического элемента, которому соответствует токообразующая реакция $Cu + AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + Ag$. Запишите уравнения электродных реакций и рассчитайте константу равновесия (условия стандартные).

Вариант 18

1. Вычислите значение электродного потенциала водорода в воде, 0,1 М растворе HCl, 0,03 М растворе NaOH. Составьте схемы этих электродов и уравнения электродных реакций.

2. Составьте схему гальванического элемента типа Вольта из кадмиевого (Cd) и оловянного (Sn) электродов. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте значение ЭДС.

Вариант 19

1. Используя значения стандартных электродных потенциалов, оцените какая из приведенных окислительно-восстановительных реакций наиболее вероятна:



2. Составьте схему концентрационного гальванического элемента из двух кислородных электродов, один из которых стандартный. Запишите уравнения анодно-катодных процессов, рассчитайте ΔG , A_M и K_P .

Вариант 20

1. Рассчитайте потенциалы водородного электрода в 0,01 М растворе H_2SO_4 (принимая $\alpha = 1$) и в растворе с $pH = 10$. Составьте схемы электродов, уравнения электродных реакций и укажите, в каком из растворов наиболее ярко выражена восстановительная способность водорода.

2. Составьте схему гальванического элемента из кислородного электрода в электролите NH_4OH 0,001 моль/л ($K_D = 10^{-5}$) и стандартного никелевого электрода. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и суммарное уравнение токообразующей реакции. Определите значение K_P .

Вариант 21

1. Никелевая пластина находится в растворе, содержащем ионы Fe^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ , H^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} . Объясните, в какой последовательности будут протекать возможные реакции и составьте их полные уравнения.

2. Какие металлы могут служить анодами в гальваническом элементе с оловянным катодом в 0,01 М растворе SnCl_2 ? Составьте схему такого элемента, вычислите его ЭДС и максимально полезную работу.

Вариант 22

1. Из каких металлов можно создать электроды 1 рода: Na, Cd, K, Ag, Fe, Pd? Приведите схемы данных электродов, запишите уравнения электродных реакций и составьте схему для измерения стандартного потенциала одного из них.

2. Составьте схему кобальтового концентрационного гальванического элемента с концентрациями ионов Co^{2+} , равными 10^{-2} моль/л – у одного электрода и 10^{-6} моль/л – у другого электрода. Рассчитайте ЭДС этого элемента при 298 К.

Вариант 23

1. От каких факторов зависит потенциал водородного электрода? Приведите его схему, уравнение электродной реакции и сравните на основании расчета значения потенциала в 0,01 М растворах HCl и HOCl ($K_d = 5,0 \cdot 10^{-8}$).

2. В каком из гальванических элементов никелевый электрод является катодом:



Напишите уравнения электродных процессов и рассчитайте ΔG и K_p суммарной реакции.

Вариант 24

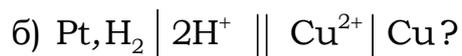
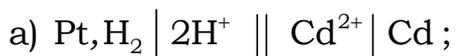
1. Вычислите pH раствора, в который помещен кислородный электрод, если его потенциал равен стандартному значению минус 0,4 В. Чему равна концентрация ионов OH^- в растворе? Составьте схему электрода и уравнение электродной реакции.

2. Чему равна ЭДС гальванического элемента из кадмиевого и серебряного электродов, если концентрация ионов металла у анода равна 0,01 моль/л? Составьте схему элемента, запишите уравнения электродных процессов и суммарной реакции.

Вариант 25

1. Стальная пластина находится в растворе, содержащем ионы Sn^{2+} , Na^+ , K^+ , Ni^{2+} , Ag^+ , Cu^{2+} . Объясните, в какой последовательности будут протекать возможные реакции и составьте их полные уравнения.

2. В каком из гальванических элементов водородный электрод служит анодом:

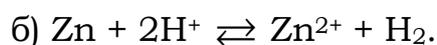
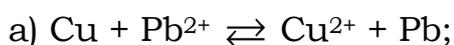


Напишите уравнения электродных процессов и суммарной реакции, вычислите ЭДС и максимально полезную работу данного элемента.

Вариант 26

1. Для каких электродов значения потенциалов зависят от величины pH ? Ответ подтвердите соответствующими расчетными формулами, схемами электродов и уравнениями возможных реакций.

2. Определите, какая из приведенных реакций может самопроизвольно протекать в прямом направлении:



Составьте схему гальванического элемента, работающего на данной реакции. Вычислите E^0 элемента и K_P реакции.

Вариант 27

1. Что называют стандартным водородным электродом и для чего он используется? Составьте схему электрода в молекулярной и ионной формах. Определите концентрацию ионов водорода и pH в растворе, если потенциал водородного электрода равен минус 0,236 В.

2. Какой металл может служить катодом в гальваническом элементе со свинцовым анодом в растворе с концентрацией ионов Pb^{2+} , равной 0,01 моль/л? Составьте схему такого элемента, вычислите его ЭДС и максимально полезную работу.

Вариант 28

1. От каких факторов зависит величина потенциала кислородного электрода? Приведите его схему, уравнение электродной реакции и сравните на основании расчета значения потенциала в 0,1 и 0,0001 М растворах NaOH.

2. Вычислите константу равновесия реакции, протекающей в серебряно-кадмиевом гальваническом элементе $2\text{Ag}^+ + \text{Cd} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Cd}^{2+}$, при стандартных условиях. Составьте схему элемента и уравнения электродных процессов.

Вариант 29

1. От каких факторов зависит величина потенциала металлического электрода 1 рода? Определите, при какой концентрации раствора NiSO_4 потенциал никелевого электрода будет равен стандартному потенциалу кадмиевого электрода.

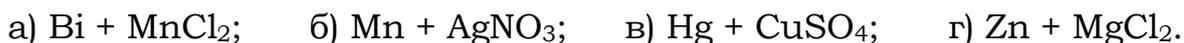
2. Гальванический элемент составлен из двух водородных электродов. Один находится в растворе с концентрацией ионов H^+ , равной

1 моль/л. Чему может равняться концентрация ионов в другом растворе? Укажите вид элемента, составьте его схему и уравнения электродных процессов, вычислите величину ЭДС.

Вариант 30

1. Что называют стандартными электродными потенциалами и как получают их значения, какие свойства систем они характеризуют? Приведите схему для измерения стандартного потенциала медного электрода.

2. Определите, какая из предполагаемых реакций может самопроизвольно протекать при стандартных условиях:



Составьте схему гальванического элемента, работающего на данной реакции. Вычислите ЭДС и максимально полезную работу элемента.

1.1.4 Варианты индивидуальных заданий 2-го уровня сложности

Вариант 1

1. Вычислите, можно ли изменением концентраций Fe^{2+} и Cd^{2+} в растворах изменить направление тока в приведенном гальваническом элементе на обратное:



Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

2. ЭДС гальванического элемента, составленного из алюминиевой проволоки, опущенной в 0,003 М раствор его соли AlCl_3 , и платиновой пластинки, насыщенной водородом и опущенной в соляную кислоту, составляет 1,48 В. Определите молярную концентрацию соляной кислоты. Ответ обоснуйте, приведя схему элемента.

Вариант 2

1. Стандартный электродный потенциал серебра равен 0,80 В. Вычислите потенциал серебра в растворе его соли, концентрация которого составляет 0,01 моль/л, а степень диссоциации при 18 °С равна 0,88.

2. Определите ЭДС гальванической цепи $\text{Fe} \mid 0,1 \text{ M FeSO}_4 \parallel 0,01 \text{ M NaOH} \mid \text{H}_2, \text{Pt}$, если степени электролитической диссоциации FeSO_4 и NaOH равны соответственно 80 и 100 %. Ответ обоснуйте, приведя схему элемента.

Вариант 3

1. Составьте схемы гальванических элементов типа Даниэля – Якоби и типа Вольта, работающих на токообразующей реакции

$\text{Ni} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{H}_2$. Определите их E^0 и объясните причины падения ЭДС в процессе работы элементов.

2. Гальванический элемент составлен из свинцового электрода в растворе с $C_{\text{Pb}^{2+}} = 10^{-1}$ моль/л и оловянного электрода в 1 М растворе SnSO_4 . Приведите схему элемента, рассчитайте значения E и A_m . Как изменится характер электродных процессов и E элемента при $C_{\text{Pb}^{2+}} = 1$ моль/л? Ответ подтвердите расчетом и схемой.

Вариант 4

1. Вычислите, можно ли изменением концентраций Fe^{2+} и Co^{2+} в растворах изменить направление тока в приведенном гальваническом элементе на обратное:



Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

2. Концентрационная поляризация серебряного электрода гальванического элемента $(-) \text{ Zn} \mid \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag} (+)$ равна 0,08 В. Определите начальную концентрацию ионов серебра, если к концу работы элемента концентрация ионов Ag^+ стала равной 0,22 моль/л. Определите ЭДС гальванического элемента в начальный момент, если $C_{\text{Zn}^{2+}}$ была равна 10^{-2} моль/л. Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

Вариант 5

1. Как должны быть составлены гальванические элементы, чтобы в них протекали реакции:



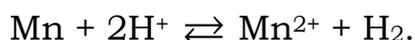
Напишите схемы элементов, уравнения электродных процессов (условия стандартные). Рассчитайте E^0 и ΔG_{298}^0 . Как изменится характер электродных процессов и значение ЭДС в случае «б» при концентрации ионов H^+ , равной 10^{-4} моль/л? Ответ подтвердите расчетом и схемой элемента.

2. Вычислите ЭДС следующей цепи:

медь | медный купорос (2,8 г/л) || медный купорос (0,5 г/л) | медь, считая растворы диссоциированными на 98 %. Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

Вариант 6

1. Составьте схемы гальванических элементов типа Даниэля – Якоби и типа Вольта, работающих на токообразующей реакции

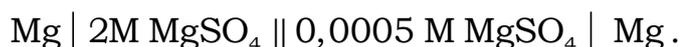


Определите значение стандартной ЭДС и объясните причины падения численного значения ЭДС в процессе работы элементов.

2. ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух цинковых электродов, равна 0,029 В. Концентрация сульфата цинка в одном из двух растворов равна 0,1 моль/л. Какова концентрация ионов цинка в другом растворе, если температура эксперимента 20 °С?

Вариант 7

1. Концентрационная гальваническая цепь составлена магниевыми электродами, погруженными в растворы MgSO_4 разной концентрации:



Степень диссоциации в 0,0005 М MgSO_4 равна 87 %. Определите степень электролитической диссоциации MgSO_4 в 2 М растворе, если ЭДС цепи равна 0,103 В.

2. Составьте схемы гальванических элементов, в которых: а) цинк окисляется ионами Sn^{2+} ; б) олово окисляется ионами H^+ . Напишите уравнения электродных процессов, рассчитайте E^0 элементов. Как изменится характер электродных процессов в случае «б» при $C_{\text{H}^+} = 10^{-3}$ моль/л? Ответ подтвердите расчетом и схемой.

Вариант 8

1. Гальванические элементы, в которых электродами являются медь и алюминий или серебро и какой-то другой металл, а растворы солей имеют молярную концентрацию, равную 1 моль/л, при 25 °С дают ЭДС 2,00 и 1,20 В. По этим данным найдите значение φ^0 для Al и определите, какой металл использован для электрода во втором гальваническом элементе. Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схемы элементов.

2. Концентрационная поляризация цинкового электрода в гальваническом элементе $\text{A}(-) \text{ Zn} \mid \text{ZnCl}_2 \parallel 0,001 \text{ M HCl} \mid \text{H}_2, \text{Pt} (+) \text{K}$ равна 0,1 В. Какой стала концентрация ионов Zn^{2+} в растворе, если начальная концентрация ионов Zn^{2+} была равна $2,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л? Рассчитайте значение ЭДС элемента с учетом концентрационной поляризации? Ответ подтвердите расчетом и схемой.

Вариант 9

1. Гальваническая цепь составлена железом, погруженным в раствор его соли с концентрацией ионов Fe^{2+} , равной 0,001 моль/л, и медью, погруженной в раствор ее соли. Какой концентрации должен быть раствор соли меди, чтобы ЭДС цепи стала равной нулю?

2. Вычислите ЭДС концентрационной цепи, составленной из двух серебряных электродов, погруженных в растворы нитрата серебра;

причем, концентрация ионов серебра в первом растворе 0,1 и во втором 0,01 моль/л, а степени диссоциации равны 0,97 и 0,99 соответственно. Температура эксперимента 15 °С.

Вариант 10

1. Вычислите ЭДС цепи $\text{Zn} \mid \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 (3,2\text{г/л}) \parallel \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 (1,5\text{г/л}) \mid \text{Zn}$, считая растворы диссоциированными на 97 и 99 % соответственно. Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

2. Как должны быть составлены гальванические элементы, чтобы в них протекали реакции: а) $\text{Cd} + \text{SnSO}_4 \rightleftharpoons \text{CdSO}_4 + \text{Sn}$; б) $\text{Ni} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{H}_2$? Напишите схемы элементов, уравнения электродных процессов (условия стандартные). Рассчитайте E^0 и ΔG_{298}^0 . Как изменится характер электродных процессов и ЭДС элемента в случае «б» при концентрации $C_{\text{H}^+} = 10^{-5}$ моль/л? Ответ подтвердите схемой элемента и расчетом.

Вариант 11

1. Рассчитайте концентрацию HNO_3 , в которой потенциал водородного электрода равен минус 0,177 В. В растворе электролита какой концентрации его потенциал равен минус 0,59 В? Приведите схемы электродов и уравнения электродных реакций.

2. Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb} = \text{Sn} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Запишите уравнения анодно-катодных процессов. Определите концентрацию раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, если раствор $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ 1 М, а ЭДС элемента равна 108 мВ. Рассчитайте ΔG и K_p . Какой вид поляризации имеет место в данном элементе при его работе?

Вариант 12

1. Вычислите, можно ли изменением концентраций Cd^{2+} и Sn^{2+} в растворах изменить направление тока в приведенном гальваническом элементе на обратное:



Ответ обоснуйте, приведя соответствующие расчеты и составив схему элемента.

2. Определите pH электролита водородного электрода в гальваническом элементе со стандартным оловянным электродом в качестве катода, если ЭДС элемента равна 159 мВ. Составьте схему элемента, уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте ΔG , A_M , K_p .

Вариант 13

1. При какой концентрации соли NiSO_4 потенциал никелевого электрода будет меньше стандартного потенциала кобальтового? Со-

ставьте схему гальванического элемента, уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте значение константы равновесия K_p .

2. Определите основные характеристики гальванического элемента (E , A_M , ΔG и K_p), составленного из кислородного электрода в 0,01 М растворе NH_4OH ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$) и стандартного никелевого электрода. Составьте схему элемента, уравнения электродных реакций и уравнение токообразующей реакции. Как увеличить ЭДС элемента?

Вариант 14

1. Определите pH растворов электролитов концентрационного гальванического элемента из двух водородных электродов, если $\varphi_k = -0,118$ В, а $E = 0,472$ В. Составьте схему гальванического элемента, уравнения анодно-катодных процессов и рассчитайте ΔG и K_p .

2. Составьте схему гальванического элемента из стандартного оловянного электрода и водородного в 0,001 М растворе CH_3COOH ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$), запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте ΔG и K_p . Какой вид поляризации имеет место при работе элемента? Укажите способы ее уменьшения.

Вариант 15

1. Составьте схему гальванического элемента типа Вольта из кадмиевого и никелевого электродов. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Как изменятся процессы, если из этих электродов составить гальванический элемент типа Даниэля – Якоби? Ответ обоснуйте приведением схемы элемента и уравнений электродных реакций, рассчитав E^0 , ΔG^0 и K_p .

2. Составьте схему гальванического элемента из стандартного свинцового электрода и водородного в электролите с $pH = 4$. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции. Рассчитайте ΔG и K_p . Как изменятся процессы, если использовать стандартный водородный электрод? Ответ обоснуйте приведением схемы гальванического элемента и анодно-катодных процессов.

Вариант 16

1. Приведите схему водородного электрода, уравнение электродной реакции и уравнение Нернста для расчета φ_p . Определите pH растворов электролитов концентрационного гальванического элемента из двух водородных электродов, если $\varphi_k = -0,177$ В, а $E = 0,531$ В. Составьте схему гальванического элемента, уравнения анодно-катодных процессов и рассчитайте A_M и K_p .

2. Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Cd} + \text{FeSO}_4 = \text{CdSO}_4 + \text{Fe}$. Определите концентрацию раствора CdSO_4 , если железный электрод – стандартный, а ЭДС элемента равна 80 мВ. Рассчитайте значения A_M , ΔG и K_p .

Вариант 17

1. Какие электроды называются электродами 1 рода? Приведите примеры, а также схему кислородного электрода, уравнение электродной реакции и рассчитайте значения его равновесных электродных потенциалов в растворах KOH и NH₄OH ($K_D = 1,8 \cdot 10^{-5}$) одинаковой концентрации, равной 0,001 М.

2. Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2 = \text{Sn} + 2\text{HNO}_3$. Запишите уравнения анодно-катодных процессов. Определите *pH* раствора электролита водородного электрода, если оловянный электрод – стандартный, а ЭДС элемента равна 159 мВ. Рассчитайте значения ΔG и K_P .

Вариант 18

1. Дайте определение химического гальванического элемента. От чего зависит значение его ЭДС? Предложите электрохимический способ вытеснения никеля из раствора NiSO₄ цинком, исключая погружение последнего в раствор NiSO₄. Запишите уравнения соответствующих процессов.

2. Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2 = \text{Pb} + 2\text{HNO}_3$. Запишите уравнения анодно-катодных процессов. Определите *pH* раствора электролита водородного электрода, если свинцовый электрод – стандартный, а ЭДС элемента равна 110 мВ. Рассчитайте значения A_M , ΔG и K_P .

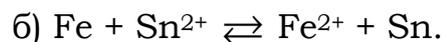
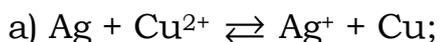
Вариант 19

1. Укажите, при каких условиях можно создать гальванический элемент из электродов 1 рода одинаковой химической природы. Приведите пример такого элемента, запишите уравнения анодно-катодных процессов и рассчитайте значения A_M , ΔG и K_P . От чего зависит их ЭДС?

2. Составьте схему гальванического элемента, в котором самопроизвольно протекает реакция $\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Ni} + 2\text{H}_2\text{O}$. Запишите уравнения анодно-катодных процессов. Определите *pH* раствора электролита водородного электрода, если никелевый электрод – стандартный, а ЭДС элемента равна 340 мВ. Рассчитайте значения A_M , ΔG и K_P .

Вариант 20

1. По величинам стандартных электродных потенциалов, значениям E^0 и ΔG_{298}^0 определите, в каком направлении могут самопроизвольно протекать реакции в системах:



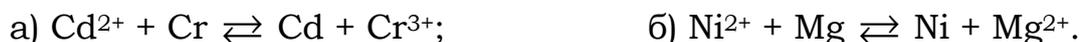
Составьте схемы гальванических элементов, работающих на основе приведенных реакций, напишите уравнения электродных процессов.

2. Составьте схему гальванического элемента из стандартного оловянного электрода и водородного в электролите с *pH* = 10. Запишите уравнения анодно-катодных процессов и токообразующей реакции.

Рассчитайте A_M , ΔG и K_P . Как изменятся процессы, если использовать стандартный водородный электрод? Ответ обоснуйте приведением схемы гальванического элемента и анодно-катодных процессов.

Вариант 21

1. На основании расчета величин ΔG^0 и K_P определите, в каком направлении и в какой последовательности самопроизвольно протекают реакции:



Ответ поясните. Составьте полные молекулярные уравнения данных реакций.

2. Гальванический элемент состоит из свинцового электрода в 0,02 н растворе $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и кислородного электрода. Вычислите pH и концентрацию ионов OH^- в растворе, в который помещен кислородный электрод, если ЭДС элемента равна 0,825 В. Приведите схему элемента и уравнения, протекающих на электродах реакций.

Вариант 22

1. Вычислите потенциал водородного электрода в растворах: а) 0,01 М HCOOH ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$); б) 0,01 М NaOH . Приведите схемы электрода и уравнения протекающих реакций. Сделайте вывод о влиянии концентрации потенциалоопределяющих ионов на величину потенциала данного электрода.

2. При какой концентрации ионов Cr^{3+} в растворе электролита хромовый электрод может служить анодом в гальваническом элементе со стандартным цинковым электродом? Приведите схему элемента, уравнения электродных процессов. Вычислите величины E и A_M , ΔG и K_P суммарной реакции. Укажите вид гальванического элемента и предложите способы увеличения его ЭДС.

Вариант 23

1. Чему равна концентрация потенциалоопределяющих ионов в растворах электролитов, если:

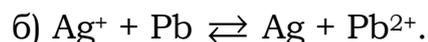
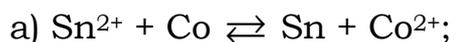
- а) потенциал медного электрода равен +0,31 В;
б) потенциал кислородного электрода равен +0,64 В?

Приведите схемы электродов и уравнения протекающих реакций.

2. Составьте схемы двух гальванических элементов типа Даниэля – Якоби и типа Вольта, в которых при стандартных условиях токообразующей является реакция $\text{Ni} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + \text{H}_2$. Вычислите для каждого случая ЭДС и максимально полезную работу. Объясните причину падения ЭДС при работе элементов и предложите способы ее увеличения.

Вариант 24

1. На основании расчета ΔG^0 и K_P определите, в каком направлении и в какой последовательности самопроизвольно протекают реакции:



Ответ поясните. Составьте полные молекулярные уравнения данных реакций.

2. Гальванический элемент состоит из двух водородных электродов, один из которых стандартный, а другой находится в растворе с $pH = 12$. Укажите вид элемента, приведите его схему и уравнения электродных процессов, покажите направление движения электронов и ионов в цепи. Вычислите значения E и A_M .

Вариант 25

1. Вычислите значения потенциала кислородного электрода в растворах:

а) 0,05 М КОН;

б) 0,05 М НОBr ($K_D = 2,0 \cdot 10^{-9}$).

Приведите схемы электрода и уравнения протекающих реакций. Сделайте вывод о влиянии концентрации потенциалопределяющих ионов на величину потенциала данного электрода.

2. ЭДС цинково-магниевого гальванического элемента составляет 1,56 В. Концентрация ионов магния равна 1 моль/л. Чему равна концентрация ионов Zn^{2+} ? К какому виду и типу относится данный элемент? Составьте его схему, уравнения электродных процессов; вычислите ΔG и K_P суммарной реакции. Покажите направление движения электронов и ионов в цепи.

Вариант 26

1. Сравните на основании расчета окислительно-восстановительные свойства систем Pb/Pb^{2+} и $\text{Pt}, \text{H}_2/2\text{H}^+$, если:

а) условия стандартные;

б) концентрация ионов Pb^{2+} и H^+ в растворах электролитов составляет соответственно 1 моль/л, $1 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

2. ЭДС гальванического элемента, состоящего из двух кислородных электродов, равна 354 мВ. Вычислите pH раствора, в который помещен катод, если анод находится в растворе с $pH = 10$. Укажите вид элемента, составьте его схему и уравнения электродных реакций.

Вариант 27

1. Рассчитайте величины ΔG и K_P предполагаемых реакций:

а) $\text{Mg} + \text{AlCl}_3$; б) $\text{Ag} + \text{K}_2\text{CO}_3$; в) $\text{Ni} + \text{PbCl}_2$; г) $\text{Cu} + \text{CdSO}_4$.

Определите на основании расчета возможность, направление и последовательность их протекания. Составьте полные молекулярные уравнения данных реакций.

2. Определите, при какой концентрации потенциалопределяющих ионов водородный электрод может служить анодом в гальваническом элементе со стандартным кадмиевым электродом. Составьте схему

такого элемента, уравнения электродных процессов; вычислите значения его E и A_m ; ΔG и K_p суммарной реакции.

Вариант 28

1. Какие факторы и как влияют на окислительно-восстановительные свойства водородного электрода? На основании расчета сравните эти свойства в случаях, когда электрод находится в растворах: а) H_2O ; б) 0,005 н H_2SO_4 ; в) 0,01 н KOH . Приведите соответствующие схемы электрода и уравнения протекающих реакций.

2. Гальванический элемент состоит из стандартных марганцевого и свинцового электродов. При работе элемента в течение 20 мин амперметр показывал силу тока 50 мА. Вычислите изменение массы отрицательного и положительного электродов за время работы элемента. Приведите схему элемента, определите его E и величину ΔG .

Вариант 29

1. Сравните на основании расчета окислительно-восстановительные свойства систем Ni/Ni^{2+} и Sn/Sn^{2+} , если:

а) условия стандартные;

б) концентрация ионов Ni^{2+} и Sn^{2+} в растворах электролитов составляет соответственно 1 моль/л, $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

2. Гальванический элемент состоит из цинкового электрода в 0,01 н растворе $ZnCl_2$ и хлорного электрода в 0,1 н растворе HCl (значение стандартного потенциала равно +1,36 В, давление Cl_2 – 1 атм). Составьте схему элемента, уравнения электродных процессов и суммарной реакции. Вычислите ЭДС и максимально полезную работу.

Вариант 30

1. Какие факторы и как влияют на окислительно-восстановительные свойства кислородного электрода? Сравните эти свойства в случаях, когда электрод находится в растворах: а) 0,005 н $Ca(OH)_2$; б) H_2O ; в) 0,01 н HCl . Приведите соответствующие схемы электрода и уравнения протекающих реакций.

2. Гальванический элемент состоит из цинкового электрода в 0,02 н растворе $ZnSO_4$ и водородного электрода. Определите нормальность раствора, в который помещен водородный электрод, если ЭДС элемента составляет 707 мВ. Составьте схему элемента и уравнения электродных процессов; рассчитайте ΔG и K_p суммарной реакции.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Таблица А.1 – Стандартные электродные потенциалы металлов и некоторых газовых электродов в водных растворах при 298 К

Электрод	Электродные реакции	φ_{298}^0 , В
Li ⁺ /Li	$\text{Li}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045
K ⁺ /K	$\text{K}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925
Rb ⁺ /Rb	$\text{Rb}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2,925
Cs ⁺ /Cs	$\text{Cs}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2,923
Ca ²⁺ /Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,866
Na ⁺ /Na	$\text{Na}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714
Mg ²⁺ /Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,363
Al ³⁺ /Al	$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
Mn ²⁺ /Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,179
Zn ²⁺ /Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763
Cr ³⁺ /Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
Fe ²⁺ /Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,440
Cd ²⁺ /Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,403
Co ²⁺ /Co	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,277
Ni ²⁺ /Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,250
Sn ²⁺ /Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,136
Pb ²⁺ /Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
Fe ³⁺ /Fe	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,036
H ⁺ /½H ₂	$\text{H}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{H}_2$	0,000
Bi ³⁺ /Bi	$\text{Bi}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	+0,21
Cu ²⁺ /Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,337
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	$\text{Fe}^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,770
½Hg ₂ ²⁺ /Hg	$\frac{1}{2} \text{Hg}_2^{2+} + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,788
Ag ⁺ /Ag	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,799
Hg ²⁺ /Hg	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,854
½O ₂ +H ₂ O/2OH ⁻	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{OH}^-$	+0,400
Au ³⁺ /Au	$\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,498
Au ⁺ /Au	$\text{Au}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,69

ЛИТЕРАТУРА

1. Коровин, Н. В. Общая химия / Н. В. Коровин. – М. : Высш. шк., 2000.
2. Глинка, Н. Л. Общая химия : учебник для вузов / Н. Л. Глинка. – Л. : Химия, 2003.
3. Харин, А. Н. Курс химии / А. Н. Харин, Н. А. Катаева, Л. Т. Харина. – М. : Высш. шк., 1983.
4. Фролов, В. В. Химия / В. В. Фролов. – М. : Высш. шк., 1986.
5. Краткий курс физической химии / под ред. С. Н. Кондратьева. – М. : Высш. шк., 1978.
6. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии / Н. Л. Глинка. – М. : Химия, 1988.
7. Задачи и упражнения по общей химии / под ред. Н. В. Коровина. – М. : Высш. шк., 2006.