

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 20.02.2023 20:34:33  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 21 » 2023



**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

Методические указания к выполнению индивидуальной и самостоя-  
тельной работ по физической химии для студентов направлений  
18.03.01 Химическая технология и 04.03.01 –Химия

Курск 2020

УДК 541.1

Составитель С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент Г.В. Бурых

**Электрохимия:** методические указания к выполнению индивидуальной и самостоятельной работ по физической химии для студентов направлений 18.03.01 Химическая технология и 04.03.01 –Химия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2020. 23 с.: табл. 9.

Содержат задание для индивидуальной и самостоятельной работы по разделу физической химии «Электрохимия». Можно использовать при подготовке к семинарским занятиям и коллоквиумам в качестве дополнительного материала к рекомендуемой в программах дисциплин обязательной и дополнительной учебной литературе.

Методические указания соответствуют требованиям программы.

Предназначены студентов направлений 18.03.01 Химическая технология и 04.03.01 –Химия

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.02.20* . Форма 60x84 1/16.

Усл. печ.л. *11* . Уч.-изд.л *10*. Тираж 30 экз. Заказ. *95*. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Введение.....	3
Кондуктометрия. Задания для индивидуальной работы студентов	3
Задания к самостоятельной работе студентов.....	5
Потенциометрия. Задания для индивидуальной работы студентов	13
Задания к самостоятельной работе студентов.....	16
Темы рефератов	22
Библиографический список.....	23

## Введение

Методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний по разделу физической химии «Электрохимия», освоения методов физико-химического исследования, получения навыков математической обработки экспериментальных данных и объяснения выявленных закономерностей.

## Кондуктометрия

### Задания для индивидуальной работы студентов

#### 1. Многовариантная задача

По данным о моляльности и среднем ионном коэффициенте активности  $\gamma_{\pm}$  электролита А, вычислить среднюю ионную активность  $m_{\pm}$ , среднюю ионную активность  $a_{\pm}$ , активность электролита (таблица 1).

Таблица 1 - Исходные данные для расчета

№ варианта	вещество	$\gamma_{\pm}$	m, моль/1000 г	№ варианта	вещество	$\gamma_{\pm}$	m, моль/1000 г
1	CaCl <sub>2</sub>	0.50	0.1	7	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10	0.559
2	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.20	0.34	8	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.6	0.014
3	HCl	0.15	4.37	9	K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	1.0	0.128
4	NaOH	10.0	3.46	10	SnCl <sub>2</sub>	3.5	1.504
5	AlCl <sub>3</sub>	0.50	0.33	11	LiBr	9.0	12.921
6	MgJ <sub>2</sub>	0.30	0.78	12	Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.3	0.024

#### 2. Многовариантная задача

Используя данные о свойствах растворов (таблицы 2, 3) вещества А в воде выполните следующие действия:

- 1) построить графики зависимости удельной и эквивалентной электропроводности растворов вещества А от разведения V;
- 2) проверить, подчиняются ли растворы вещества А в воде закону разведения Оствальда;
- 3) вычислить для вещества А эквивалентную проводимость при бесконечном разбавлении и сопоставить со справочными данными

Таблица 2 –Варианты заданий

№ варианта	вещество	№ варианта	вещество
1	H <sub>2</sub> CN	6	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsOOH
2	HNO <sub>2</sub>	7	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
3	HOCl	8	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH
4	HCOOH	9	NH <sub>4</sub> OH
5	CH <sub>3</sub> COOH		

Таблица 3 -Исходные данные для расчета

С, моль/л	Сопротивление (Ом·м), для варианта №								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,100	3,10·10 <sup>3</sup>	4,32	927	6,06	19,6	131	7,46·10 <sup>3</sup>	9,75	2,55
0,050	4,37·10 <sup>3</sup>	5,71	1390	8,91	27,6	180	10,80·10 <sup>3</sup>	14,1	10,3
0,030	5,84·10 <sup>3</sup>	7,52	1810	10,31	34,8	235	14,50·10 <sup>3</sup>	18,5	14,5
0,010	10,10·10 <sup>3</sup>	13,42	3120	18,23	61,0	402	23,50·10 <sup>3</sup>	31,4	25,8
0,005	14,28·10 <sup>3</sup>	20,41	4560	25,92	87,2	582	32,70·10 <sup>3</sup>	48,8	100
0,003	18,33·10 <sup>3</sup>	29,78	5560	35,83	103,2	796	41,50·10 <sup>3</sup>	579,0	143
0,001	31,93·10 <sup>3</sup>	52,66	10000	68,54	185,4	1310	74,60·10 <sup>3</sup>	10,4	251

### 3. Многовариантная задача

На основании справочных данных о зависимости электрической проводимости слабого электролита А (таблица 4) от разведения при 298 К

Таблица 4- Исходные данные для расчета

№ варианта	Вещество А	№ варианта	Вещество А
1	CHCl <sub>2</sub> COOH	6	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH
2	<i>изо</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	7	CCl <sub>3</sub> COOH
3	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	8	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
4	HCOOH	9	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
5	CH <sub>3</sub> COOH	10	CH <sub>2</sub> ClCOOH

- 1) построить график зависимости  $\lambda = f(C)$ ;
- 2) определить  $\lambda$  при концентрации  $6 \cdot 10^{-3}$  моль/л;

- 3) рассчитать степень диссоциации электролита  $\alpha$  при концентрации  $a$  моль/л;
- 4) сравнить найденную величину с рассчитанной по закону разбавления Оствальда;
- 5) определить концентрацию ионов  $H^+$  в растворе при концентрации  $a$  моль/л;
- 6) определить рН раствора при концентрации  $a$  моль/л;

#### Задания к самостоятельной работе студентов

#### Вариант 1.

1. Эквивалентная электропроводность  $1,6 \cdot 10^{-4}$  М раствора кислоты при  $25^\circ\text{C}$  равна  $109,78 \text{ См} \cdot \text{см}^2/\text{г-экв}$ . Константа диссоциации равна:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| А) $1,74 \cdot 10^{-5}$ (уксусная)   | Б) $1,73 \cdot 10^{-5}$ (изовалериановая) |
| В) $1,77 \cdot 10^{-4}$ (муравьиная) | Г) $6,5 \cdot 10^{-2}$ (щавелевая)        |

2. Ионная сила раствора, содержащего 0,01 моль  $H_2SO_4$  и 0,02 моль  $MgSO_4$  в 100 г воды, равна:

- А) 0,09    Б) 0,06    В) 0,11    Г) 0,16

3. Для объяснения большой подвижности иона использован:

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| А) эстафетный механизм, | Б) биатлонный механизм; |
| В) крокетный механизм;  | Г) шахматный механизм.  |

4. Какое выражение используют для нахождения изотонического коэффициента:

- А)  $\alpha = \frac{i-1}{b-1}$ . Б)  $J = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2$ ,    В)  $j = 1 - \frac{\Delta T}{1,858 m_2}$ . Г)  $\Delta T_3 = i K_S$

5. Какое выражение позволяет рассчитать эквивалентную электропроводность через величину разведения?

- |   |  |
|---|--|
| А) $\chi = \frac{I}{U} \cdot \frac{l}{S}$                   | Б) $\lambda = \frac{\chi}{C} \cdot 1000$ |
| В) $\lambda_\infty = \lambda_\infty^+ + \lambda_\infty^-$ . | Г) $\lambda = \chi \cdot 1000 \cdot V$   |

6. Что представляет собой график зависимости эквивалентной электропроводности от концентрации:

- А) кривую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Б) прямую, выходящую из начала координат;
- В) прямую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Г) кривую, выходящую из начала координат;



3. Средняя ионная активность для  $K_2SO_4$  равна:

А)  $\dot{a}_{m_{\pm}} = 4^{1/3} m_{\pm} \gamma_{m_{\pm}}$       Б)  $a_{\pm} = (a_{+}^{\nu_{+}} a_{-}^{\nu_{-}})^{1/\nu}$

В)  $\dot{a}_{\pm} = (\dot{a}_{+}^{\nu_{+}} \dot{a}_{-}^{\nu_{-}})^{1/3}$       Г)  $\dot{a}_{m_{\pm}} = 6^{1/3} m_{\pm}^2 \gamma_{m_{\pm}}$

4. Какое выражение представляет собой уравнение Онзагера для расчета электропроводности сильных электролитов?

А)  $\lambda_T = \lambda_{298} [1 + \alpha(T - 298)]$       Б)  $\lambda = \lambda^{\infty} - A\sqrt{C}$ ,

В)  $\lambda' = \lambda^{\infty} - (A + B\lambda^{\infty}\sqrt{C})$       Г)  $f = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$

5. Пользуясь справочником, рассчитайте удельную электропроводность 0,02 н. раствора HCl (при 25°, в См/·см):

А) 0,00813      Б) 0,01512      В) 0,00575      Г) 0,01724

6. Что представляет собой график зависимости удельной электропроводности от концентрации:

- А) кривую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Б) прямую, выходящую из начала координат;
- В) прямую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Г) кривую, выходящую из начала координат;

Вариант 4.

1. Средняя ионная активность  $MgJ_2$  в водном растворе при  $m=3,0$  (25°C) ( $\gamma_{\pm}= 0,781$ ) равна:

А) 0,29      Б) 0,68      В) 3,59      Г) 0,37

2. Пользуясь справочником, рассчитайте удельную электропроводность 0,1 н. раствора KOH (при 25°, в См/·см):

А) 0,005      Б) 0,015      В) 0,022      Г) 240

3. Какое выражение для расчета эквивалентной электропроводности представляет собой закон Кольрауша

А)  $\lambda' = \lambda^{\infty} - (A + B\lambda^{\infty}\sqrt{C})$ ,      Б)  $\lambda' = \lambda^{\infty} - A\sqrt{\alpha C}$ ,

В)  $\lambda_{\infty} = \lambda_{\infty}^{+} + \lambda_{\infty}^{-}$       Г)  $\lambda = \frac{\chi}{C} 1000$

4. Какое выражение представляет собой правило Вальдена для получения растворов с некоторой заданной величиной степени диссоциации:

А)  $\alpha = \frac{n_1}{n_2}$       Б)  $\varepsilon_1^3 \sqrt{\frac{1}{C_1}} \approx \varepsilon_2^3 \sqrt{\frac{1}{C_2}} \approx \varepsilon_3^3 \sqrt{\frac{1}{C_3}} \approx \dots \approx const$       В)  $\alpha = \frac{1}{\nu^{+}} \frac{C_{M^{+}}}{C_{общ}}$

5. Что представляет собой график зависимости эквивалентной электропроводности от разбавления:

- А) кривую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Б) прямую, выходящую из начала координат;
- В) прямую, отсекающую отрезок на оси ординат;
- Г) кривую, выходящую из начала координат

6. Согласно классификации Кольрауша, электролиты, у которых зависимость  $\lambda = f(\sqrt{C})$  имеет линейный характер называют:

- А) сильными;      Б) слабыми; В) промежуточной силы;

Вариант 5.

1. Ионная сила раствора, содержащего 0,02 моль сульфата алюминия и 0,05 моль сульфата калия в 500 мл воды, равна:

- А) 0,07    Б) 0,7    В) 0,9      Г) 0,1

2. Пользуясь справочником, рассчитайте удельную электропроводность 0,04 н. раствора  $\text{HClO}_4$  (при  $25^\circ$ , в  $\text{См}/\cdot\text{см}$ ):

- А) 0,00381      Б) 0,00598    В) 0,00476      Г) 0,00539

3. Какое выражение представляет собой уравнение Дебая-Хьюккеля для расчета электропроводности сильных электролитов?

- А)  $\lambda = \alpha F(U_+ + U_-)$       Б)  $\lambda = \lambda^\infty - A\sqrt{C}$ ,
- В)  $\lambda = \lambda_\infty - (0,2273\lambda_\infty + 59,78)$       Г)  $f = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$

4. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда, записанное через электропроводность:

- А)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$     Б)  $\alpha = \frac{\frac{1}{\nu^+} C_{M^+}}{C_{\text{общ}}}$     В)  $K_{\text{дисс}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$     Г)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дисс}}}{C}}$

5. Причина электропроводность твердых кристаллов:

- А) перемещение ионов по кристаллу при наложении электрического поля;
- Б) перемещение дефектов по кристаллу при наложении электрического поля;
- В) колебания около определенных точек решетки (узлов);
- Г) наличие неупорядоченных ионов в кристалле.

6. Какое выражение позволяет рассчитать степень диссоциации электролита через его электропроводность



$$\text{А) } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дисс}}}{C}} \quad \text{Б) } \alpha = \frac{1}{\nu^+} \frac{C_{M^+}}{C_{\text{общ}}} \quad \text{В) } K_{\text{дисс}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \quad \text{Г) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$$

Вариант 6.

1. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора НСООН (при 25°, в См·см<sup>2</sup>/Г-эquiv):

$$\text{А) } 349,8 \quad \text{Б) } 426,15 \quad \text{В) } 76,35 \quad \text{Г) } 273,45$$

2. Средняя ионная активность MgJ<sub>2</sub> в водном растворе при m=3,0 (25°C) ( $\gamma_{\pm} = 0,781$ ) равна:

$$\text{А) } 0,29 \quad \text{Б) } 0,68 \quad \text{В) } 3,59 \quad \text{Г) } 0,37$$

3. Предельный закон Дебая и Хьюккеля, применяемый к растворам низкой концентрации.

$$\begin{array}{ll} \text{А) } \lg \gamma = - |Z_+ Z_-| A \sqrt{J}, & \text{Б) } j = \beta m_{\pm}^b, \\ \text{В) } \lg \gamma = - |Z_+ Z_-| 0,509 \sqrt{J}, & \text{Г) } J = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2, \end{array}$$

4. Зависимость электропроводности кристаллов от температуры:

$$\text{А) } \lg \chi = A - \frac{B}{T} \quad \text{Б) } \lambda = a + b \lg T \quad \text{В) } \lambda = \frac{\chi}{C} + RT \ln T \quad \text{Г) } \chi = a + b \ln T$$

5. График зависимости  $\lg \gamma = f(\sqrt{J})$  – это кривая при условии:

А) Ионы рассматриваются как математическая точка, это справедливо к разбавленным растворам, когда собственными объемами ионов можно пренебречь.

Б) Учитываются радиусы ионов.

В) Не учитывается изменение диэлектрической постоянной раствора по сравнению с диэлектрической постоянной растворителя.

Г) Электростатическое взаимодействие рассматривается как взаимодействие между ионом и его ионной атмосферой.

6. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда для любого электролита, записанное через степень диссоциации:

$$\text{А) } \alpha = \frac{i-1}{b-1} \quad \text{Б) } \alpha = \frac{1}{\nu^+} \frac{C_{M^+}}{C_{\text{общ}}} \quad \text{В) } K_{\text{дисс}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \quad \text{Г) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$$

Вариант 7.

1. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора КОН (при 25°, в

См·см<sup>2</sup>/Г-экв):

- А) 198,3      Б) 73,5      В) 271,8      Г) 124,8

2. Степень диссоциации кислоты НА (степень диссоциации  $3,32 \cdot 10^{-6}$ ) в 0,01 М растворе при 25°C равна:

- А) 85%      Б) 56%      В) 31%      Г) 98%

(пользоваться для определения предельным законом Дебая-Гюккеля)

3. Согласно классификации Кольрауша, электролиты, у которых зависимость  $\lg \lambda = f(\lg C)$  имеет линейный характер называют:

- А) сильными;      Б) слабыми;      В) промежуточной силы;

4. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда для слабого электролита:

А)  $\alpha = \frac{i-1}{b-1}$       Б)  $\alpha = \frac{1}{\nu^+} \frac{C_{M^+}}{C_{общ}}$       В)  $K_{дисс} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$       Г)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{дисс}}{C}}$

5. Пользуясь справочником, рассчитайте удельную электропроводность 0,04 н. раствора КСl (при 25°, в См/·см):

- А) 0,00512      Б) 0,00038      В) 0,00041      Г) 0,00412

6. График зависимости  $\lg \gamma = f(\sqrt{J})$  – это прямая при условии:

- А) Ионы рассматриваются как математическая точка, это справедливо к разбавленным растворам, когда собственными объемами ионов можно пренебречь.  
Б) Учитывается радиусы ионов.  
В) Не учитывается изменение диэлектрической постоянной раствора по сравнению с диэлектрической постоянной растворителя.  
Г) Электростатическое взаимодействие рассматривается как взаимодействие между ионом и его ионной атмосферой.

Вариант 8.

1. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора СН<sub>3</sub>СООН (при 25°, в См·см<sup>2</sup>/Г-экв):

- А) 390,7      Б) 349,8      В) 40,9      Г) 308,9

2. Средняя ионная активность АlСl<sub>3</sub> в водном растворе при  $m=0,5$  (25°C) ( $\gamma_{\pm} = 0,331$ ) равна:

- А) 0,29      Б) 0,38      В) 0,59      Г) 0,95

3. Для объяснения ненормально большой подвижности иона использовано:

А) соотношения взаимности Онзагера в необратимых процессах, которые имеют принципиально важное значение для термодинамики необратимых процессов;

Б) некоторые положения теории Ф. Гротгуса о перескоке ионов в электрическом поле от молекулы к молекуле в сочетании с современными представлениями о строении полярных жидкостей.

В) некоторые положения теории Гитторфа в растворе скорости передвижения положительных и отрицательных ионов неодинаковы;

Г) теория Дебая – Гюккеля, которая объясняет это электростатическим взаимодействием (притяжением разноименно и отталкиванием одноименно заряженных ионов) в результате чего ионы стремятся расположиться упорядочено

4. Зависимость удельной электропроводности от температуры

А)  $\chi_T = \chi_{298} [1 + \alpha(T - 298) + \beta(T-298)^2]$

Б)  $\chi_T = \chi_{298} + \alpha(T - 298) + \beta(T-298)^2$

В)  $\chi_{298} = \chi_T + \alpha T + \beta T^2$

Г)  $\chi_T = \chi_{298} + \alpha T + \beta T^2$

5. Уравнение, связывающее степень гидролиза с электропроводностью раствора

А)  $\lambda = \lambda_c - A \cdot RT \ln x$       Б)  $x = \frac{\lambda}{\lambda_c} + ART \ln K_H$

В)  $A RT \ln x + \lambda C = \lambda$       Г)  $x = \frac{\lambda - \lambda_c}{\lambda_{HA} - \lambda_c}$

6. Что представляет собой график зависимости эквивалентной электропроводности от разбавления:

А) кривую, отсекающую отрезок на оси ординат;

Б) прямую, выходящую из начала координат;

В) прямую, отсекающую отрезок на оси ординат;

Г) кривую, выходящую из начала координат

Вариант 9.

1. Средняя ионная активность  $\text{CaCl}_2$  в водном растворе при  $m=1$  ( $25^\circ\text{C}$ ) ( $\gamma_{\pm} = 1$ ) равна:

А) 0,54    Б) 1,45    В) 0,79    Г) 1,25

2. Эквивалентная электропроводность  $1,6 \cdot 10^{-4}$  М раствора кислоты

при 25°C равна 109,78 См·см<sup>2</sup>/г-экв. Константа диссоциации равна:

- А)  $1,74 \cdot 10^{-5}$  (уксусная)      Б)  $1,73 \cdot 10^{-5}$  (изовалериановая)  
В)  $1,77 \cdot 10^{-4}$  (муравьиная)      В)  $6,5 \cdot 10^{-2}$  (щавелевая)

3. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда для любого электролита, записанное через степень диссоциации:

А)  $\alpha = \frac{i-1}{b-1}$     Б)  $\alpha = \frac{\frac{1}{\nu^+} C_{M^+}}{C_{общ}}$     В)  $K_{дисс} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$     Г)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$

4. График зависимости  $\lg \gamma = f(\sqrt{J})$  – это прямая при условии:

- А) Ионы рассматриваются как математическая точка, это справедливо к разбавленным растворам, когда собственными объемами ионов можно пренебречь.  
Б) Учитываются радиусы ионов.  
В) Не учитывается изменение диэлектрической постоянной раствора по сравнению с диэлектрической постоянной растворителя.  
Г) Электростатическое взаимодействие рассматривается как взаимодействие между ионом и его ионной атмосферой.

5. Какое выражение позволяет рассчитать степень диссоциации электролита через его электропроводность

А)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{дисс}}{C}}$     Б)  $\alpha = \frac{\frac{1}{\nu^+} C_{M^+}}{C_{общ}}$     В)  $K_{дисс} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$     Г)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$

6. Согласно классификации Кольрауша, электролиты, у которых зависимость  $\lg \lambda = f(\lg C)$  имеет линейный характер называют:

- А) сильными;    Б) слабыми;    В) промежуточной силы;

Вариант 10.

1. Какое выражение используют для нахождения изотонического коэффициента:

А)  $\alpha = \frac{i-1}{b-1}$     Б)  $J = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2$ ,    В)  $j = 1 - \frac{\Delta T}{1.858 m_2}$     Г)  $\Delta T_3 = i K C$

2. Что представляет собой график зависимости удельной электропроводности от концентрации:

- А) кривую, отсекающую отрезок на оси ординат;  
Б) прямую, выходящую из начала координат;  
В) прямую, отсекающую отрезок на оси ординат;  
Г) кривую, выходящую из начала координат;

3. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора HCl (при 25°, в См·см<sup>2</sup>/Г-эquiv):

- А) 349,8      Б) 404,4      В) 54,6      Г) 295,2

Г) наличие неупорядоченных ионов в кристалле.

4. Какое выражение позволяет рассчитать степень диссоциации электролита через его электропроводность

А)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{дисс}}{C}}$       Б)  $\alpha = \frac{\nu^+ C_{M^+}}{C_{общ}}$       В)  $K_{дисс} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$       Г)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$

5. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда, записанное через электропроводность:

А)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$       Б)  $\alpha = \frac{\nu^+ C_{M^+}}{C_{общ}}$       В)  $K_{дисс} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$       Г)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{дисс}}{C}}$

6. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора HCOOH (при 25°, в См·см<sup>2</sup>/Г-эquiv):

- А) 349,8      Б) 426,15      В) 76,35      Г) 273,45

## Потенциометрия

### Задания для индивидуальной работы студентов

#### 1. Многовариантная задача

Гальванический элемент состоит из электрода сравнения, потенциал которого известен (таблица 5) и электрода определения, обратимого относительно ионов водорода в растворе, в который этот электрод погружен.

Таблица 5 - Электродные потенциалы в водных растворах при 25°С

Название электрода	Схема электрода	φ, В
Каломельный	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl (нас.)	0,242
	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl (1 М)	0,281
	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl (0,1 М)	0,334
Хлорсеребряный	Ag/AgCl/KCl(нас.)	0,222
Хингидронный (стандартный)	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , H <sup>+</sup> (1 М)	0,699
Водородный (стандартный)	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> (1 М)	0

Рассчитайте, используя данные таблицы 6, рН раствора, в котором находится электрод определения. Запишите схему гальванического

элемента и уравнение химической реакции, протекающей при его работе. При решении задачи следует учесть, что при 25<sup>0</sup>С потенциалы водородного ( $\varphi_{H^+/H_2}$ ) и хингидронного ( $\varphi_{xz}$ ) электродов связаны с рН раствора, в который они погружены, соотношением:

$$(\varphi_{H^+/H_2}) = 0,059 \lg a_{H^+} = -0,059 pH$$

$$\varphi_{xz} = \varphi_{xz}^0 + 0,059 \lg a_{H^+} = \varphi_{xz}^0 - 0,059 pH \text{ (если } pH \leq 8).$$

Таблица 6 Исходные данные для расчета

N	Электрод определения	Электрод сравнения	E, В
1	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(нас.)	0,502
2	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(1 М)	0,487
3	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(0,1 М)	0,730
4	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	Ag/AgCl/KCl(нас.)	0,588
5	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(нас.)	0,274
6	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(1 М)	0,171
7	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	Hg/Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /KCl(0,1 М)	0,221
8	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	Ag/AgCl/KCl(нас.)	0,206
9	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> (1 М)	0,543
10	(Pt)/C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> /H <sup>+</sup>	(Pt)H <sub>2</sub> /H <sup>+</sup> (1 М)	0,544

ЭДС гальванического элемента в зависимости от соотношения величин потенциалов электрода определения ( $\varphi_{опр}$ ) и электрода сравнения ( $\varphi_{ср}$ ) рассчитывают по уравнению:

$$E = \varphi_{опр} - \varphi_{ср}, \text{ если } \varphi_{опр} > \varphi_{ср};$$

$$E = \varphi_{ср} - \varphi_{опр}, \text{ если } \varphi_{опр} < \varphi_{ср}.$$

## 2. Многовариантная задача

При титровании раствора вещества А объемом V<sub>А</sub> мл использовали водный раствор вещества В с концентрацией С<sub>В</sub> (данные в таблице 7). Полученные данные представлены в таблице 8. Определить концентрацию вещества А в исходном растворе.

Таблица 7 – Исходные данные для расчета

№	Вещество А	V <sub>А</sub> , мл	Вещество В	С <sub>В</sub> , моль/л
1	уксусная кислота	25,00	гидроксид натрия	0,01
2	фосфорная кислота, содержащая примесь КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub> ,	20,00	гидроксид натрия	0,1
3	смесь гидроксида и карбоната натрия	25,00	соляная кислота	0,1

Продолжение таблицы 7

№	Вещество А	V <sub>А</sub> , мл	Вещество В	C <sub>В</sub> , г-экв/л
4	фосфорная кислота, со- держащая примесь КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub> ,	5,00	гидроксид натрия	0,1
5	NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	20,00	сульфат железа	0,1
6	хлорид кобальта (II)	10,00	гексацианоферрат (III) калия в аммиачной среде	0,05
7	уксусная кислота	5,00	гидроксид натрия	0,01
8	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5,00	раствор Cr <sup>2+</sup> кислой среде	0,1
9	раствор, содержащий Cr <sup>2+</sup>	25,00	раствор перманганата ка- лия в кислой среде	0,01
10	хлорид кальция	20,00	нитрат ртути	0,05
11	бромид магния	20,00	нитрат ртути	0,10

Таблица 8 – Результаты титрования

1	V, мл	15,0	16,0	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	20,0						
	pH	5,4	5,6	5,85	6,1	6,5	9,7	10,3	10,7						
2	V, мл	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	10,0	12,0	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	
	pH	3,0	3,3	3,6	4,3	5,8	6,1	6,7	7,2	7,8	8,1	8,6	9,5	9,8	
3	V, мл	13,0	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	19,0	20,0	20,5	21,0	21,5			
	pH	9,3	8,9	8,6	7,9	7,0	6,7	5,8	5,2	3,9	3,0	2,7			
4	V, мл	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	2,0	2,4	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4
	pH	3,0	3,3	3,6	4,3	5,8	6,1	6,7	7,2	7,8	8,1	8,6	9,5	9,8	10,3
5	V, мл	10,0	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0						
	E, мВ	730	700	680	650	550	500	480	470						
6	V, мл	10,0	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0						
	E, мВ	630	600	580	550	450	400	380	370						
7	V, мл	3,0	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0						
	pH	5,4	5,6	5,85	6,1	6,5	9,7	10,3	10,7						
8	V, мл	0,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,5	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3
	E, мВ	280	250	200	190	170	150	140	130	120	110	110	90	20	-120
8	V, мл	6,4	6,5												
	E, мВ	-150	-200												

Продолжение таблицы 8

9	V, мл	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0				
	E, мВ	285	295	305	320	335	360	400	620	641	658				
10	V, мл	10,0	15,0	17,0	17,5	17,9	18,0	18,1	18,5	19,0					
	E, мВ	382	411	442	457	498	613	679	700	709					
11	V, мл	10,0	15,0	18,0	19,0	19,5	19,9	20,0	20,1	20,5					
	E, мВ	501	526	552	570	589	629	704	737	757					

### 3. Многовариантная задача

Рассчитать объемы растворов А и В известной молярной концентрации, взятых для приготовления заданных объемов ацетатного или фосфатного буферных растворов с рН (см. таблицу 9):

Таблица 5 – Исходные данные для расчета

№	Компоненты буферного раствора		C <sub>А</sub> , моль/л	C <sub>В</sub> , моль/л	Объем буферного раствора V, мл	рН
	А	В				
1	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	20	3,92
2	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	30	4,15
3	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	40	4,48
4	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	50	4,64
5	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	60	4,96
6	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	70	5,23
7	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	80	5,41
8	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	0,02	0,02	90	5,57
9	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	30	6,00
10	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	40	6,11
11	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	50	6,22
12	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	60	6,33
13	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	70	6,44
14	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	80	7,38
15	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,01	0,01	90	7,55

### Задания к самостоятельной работе студентов

1. В электродном процессе транспортной стадией называется:

А) Подход иона из глубины раствора к наружной границе ДЭС и далее через размытую его часть (где на него уже действует потенциал двойного слоя) к поверхности электрода.



- Б) Реакция, в которой участвуют ионы плотной части двойного слоя, сопровождающаяся потерей сольватной оболочки изменением заряда с протеканием на катоде и аноде соответствующих процессов.
- В) Стадия, связанная с образованием конечного продукта.
- Г) Наиболее медленная стадия
2. В электродном процессе электрохимической стадией называется:
- А) Подход иона из глубины раствора к наружной границе ДЭС и далее через размытую его часть (где на него уже действует потенциал двойного слоя) к поверхности электрода.
- Б) Реакция, в которой участвуют ионы плотной части двойного слоя, сопровождающаяся потерей сольватной оболочки изменением заряда с протеканием на катоде и аноде соответствующих процессов.
- В) Стадия, связанная с образованием конечного продукта.
- Г) Наиболее медленная стадия
3. В электродном процессе фазовой стадией называется:
- А) Подход иона из глубины раствора к наружной границе ДЭС и далее через размытую его часть (где на него уже действует потенциал двойного слоя) к поверхности электрода.
- Б) Реакция, в которой участвуют ионы плотной части двойного слоя, сопровождающаяся потерей сольватной оболочки изменением заряда с протеканием на катоде и аноде соответствующих процессов.
- В) Стадия, связанная с образованием конечного продукта.
- Г) Наиболее медленная стадия
4. Уравнение для скорости химической мономолекулярной реакции на поверхности раздела между твердой и жидкой фазами имеет вид:
- А)  $W = FkC' e^{-\frac{\omega}{RT}}$
- Б)  $i_a = k_1 e^{-\frac{\omega_a}{RT}}$
- В)  $i_k = k_2 C' e^{-\frac{\omega_k}{RT}}$
- Г)  $W = DCm \cdot e^{-\omega/RT}$
5. Рекомбинационная теория, объясняющая причину высокого водородного перенапряжения, это :
- А) медленное затрудненное образование молекул газа из восста-

новленных атомов.

Б) разряд катиона, т.е. присоединение к нему электрона, сопровождающееся потерей сольватной оболочки.

В) адсорбция водорода на поверхности электрода;

Г) зависимость перенапряжения от рН раствора и от присутствия в нем электролитов;

6. Теория замедленного заряда, объясняющая причину высокого водородного перенапряжения, это :

А) медленное затрудненное образование молекул газа из восстановленных атомов.

Б) разряд катиона, т.е. присоединение к нему электрона, сопровождающееся потерей сольватной оболочки.

В) адсорбция водорода на поверхности электрода;

Г) зависимость перенапряжения от перемешивания раствора.

7. Уравнение Тафеля описывают

А) скорость химической мономолекулярной реакции

Б) кинетику восстановления водорода в кислой или щелочной среде

В) связь рН раствора с величиной ЭДС;

Г) коррозию металлов в кислой среде

8. К электродным процессам относят:

А) процессы возникновения разности потенциалов в результате протекания химической реакции;

Б) химические процессы при электролизе.

В) образование двойного электрического слоя

Г) окислительно-восстановительные реакции

9. Гальваническая цепь, это:

А) окислительно-восстановительная реакция, проводимая так, что на одном из электродов происходит окисление, а на другом - восстановление;

Б) устройство, дающее возможность получать электрический ток за счет проведения той или иной химической реакции;

В) последовательная совокупность всех скачков потенциала на различных поверхностях раздела;

Г) Соединение полуэлементов проволокой.

10. Уравнение Тафеля имеет вид:

А)  $-\Delta\varphi = a + b \lg i_k$                       Б)  $i_a = k_1 e^{-\frac{\omega_a}{RT}}$   
В)  $W = FkC' e^{-\frac{\omega}{RT}}$                       Г)  $\ln I = -\frac{A_{\text{эф}}}{RT} + B$

11. Гальванический элемент – это:

- А) любое устройство, дающее возможность получать электрический ток за счет проведения той или иной химической реакции
- Б) разность потенциалов между электродами
- В) последовательная совокупность всех скачков потенциала на различных поверхностях раздела;
- Г) алгебраическая сумма отдельных скачков потенциала,

12. Электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента, это:

- А) устройство, дающее возможность получать электрический ток за счет проведения той или иной химической реакции;
- Б) разность потенциалов между электродами;
- В) алгебраическая сумма отдельных скачков потенциала,
- Г) окислительно-восстановительная реакция, проводимая так, что на одном из электродов происходит окисление, а на другом - восстановление.

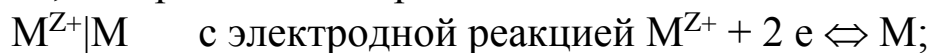
13. Электроды первого рода –это:

- А) металл или неметалл, погруженный в раствор, содержащий его ионы;
- Б) Электрод, который можно представить в виде схемы  $M^{Z+}|M$  с электродной реакцией  $M^{Z+} + 2 e \Leftrightarrow M$ ;
- В) состоит из металла, покрытого слоем его малорастворимого соединения и погруженного в раствор растворимой соли, содержащей тот же анион, что и малорастворимое соединение;
- Г) Электроды, состоящие из инертного металла (обычно платины), контактирующего с газом и раствором одновременно.

14. Электроды второго рода –это:

- А) металл, покрытого слоем его малорастворимого соединения и погруженного в раствор растворимой соли, содержащей тот же анион, что и малорастворимое соединение;

Б) Электрод, который можно представить в виде схемы

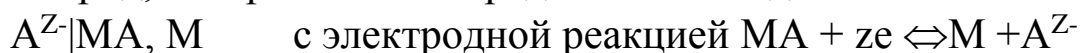


В) электрод, состоящий из амальгамы данного металла в контакте с раствором, содержащим ионы этого металла.

Г) Электроды, состоящие из инертного металла (обычно платины), контактирующего с газом и раствором одновременно.

15. Газовые электроды—это:

А) Электрод, который можно представить в виде схемы



Б) металл или неметалл, погруженный в раствор, содержащий его ионы;

В) Электроды, состоящие из инертного металла (обычно платины), погруженного в раствор, содержащий окисленную и восстановленную форму вещества.

Г) Электроды, состоящие из инертного металла (обычно платины), контактирующего с газом и раствором одновременно.

16. Каломельный электрод – это

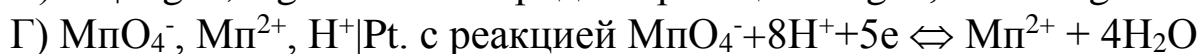
А) электрод первого рода;

Б) окислительно-восстановительный электрод;

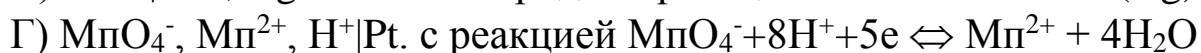
В) электрод второго рода;

Г) газовый электрод;

17. Схема газового электрода имеет вид:



18.Схема окислительно-восстановительного электрода имеет вид:



19. В концентрационной цепи с переносом вещества



разбавленный раствор заряжен:

- А) положительно;    Б) отрицательно;    В) нейтрально

20. Преимущества водородного электрода:

- А) Простота конструкции, окислители и восстановители не искажают результата измерения рН; не требуется калибровка по стандартным растворам;  
Б) Простота конструкции, отсутствие необходимости калибровки по стандартным растворам, небольшие затраты времени.  
В) Простота конструкции, область измерения рН от 1 до 14; не требуется калибровка по стандартным растворам;  
Г) Область измерения рН от 1 до 14; не требуется калибровка по стандартным растворам; небольшие затраты времени.

21. Недостатки хингидронного электрода:

- А) длительность процесса, недопустимо присутствие примесей в растворе, которые отравляют поверхность электрода;  
Б) Область измерения рН от 1 до 8; требуется калибровка по стандартным растворам; большие затраты времени.  
В) область измерения рН от 1 до 8, должны отсутствовать окислители и восстановители в системе;  
Г) Длительность процесса, область измерения рН от 6 до 14, должны отсутствовать окислители и восстановители в системе;

22. Причины коррозии:

- А) при данных условиях металл находится в менее стабильном состоянии по сравнению с состоянием его ионов в растворе или с состоянием его соединения;  
Б) при данных условиях металл находится в более стабильном состоянии по сравнению с состоянием его ионов в растворе или с состоянием его соединения;  
В) наличие коррозионных сред;  
Г) присутствие кислорода воздуха

23. Электрическая проводимость неводных растворов подчиняется правилу:

- А) Нернста-Тюринга    Б) Каблукова-Нернста-Томсона;  
В) Дебая-Хьюкеля;    Г) Дебая-Онзагера

24. Причина электропроводность твердых кристаллов:



2. Роль адсорбции органических веществ при электроосаждении металлов
3. Роль адсорбции ПАВ при анодном растворении металлов
4. Анодное растворение металлов в гальванотехнике и при электрохимической размерной обработке
5. Роль растворителя в электродных процессах
6. Электрохимические преобразователи информации
7. Электродные процессы в неводных средах
8. Явления деполяризации и сверхполяризации при электроосаждении сплавов
9. Современные теории пассивности металлов
10. Поляризационные явления при электролизе
11. Поляризационные явления в химических источниках тока
12. Химические источники тока.
13. Электрохимические процессы в биологических системах.
14. Аппаратура для измерения электропроводимости и теоретические основы метода.
15. Методы измерения электрической проводимости.
16. Электролиз растворов и расплавов.

#### Библиографический список

1. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия.- М.: Высшая школа, 2006. 496 с.
2. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория и задачи/ Учебное пособие/ В.В. Еремин и [др]. М.: Экзамен. 2005. 480.
3. Новый справочник химика и технолога. [Текст] в 2 томах. Том I. Химическое равновесие. Свойства растворов. СПб. : Професионал. 2004. 998 с
4. Практикум по физической химии/ Под ред. С.В. Горбачева. М.: Высшая школа, 1974. 496.
5. Практические работы по физической химии/ Под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. Л.: Химия, 1967. 347.
6. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. А.А.Равделя, А.М.Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 231.
7. Киселева, Е.В. Сборник примеров и задач по физической химии/ Е.В. Киселева, Г.С. Каретников, И.В. Кудряшов.- М.: Высшая школа, 1983. 456 с.