

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
2014.



## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ. РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Методические указания к выполнению индивидуальной и самостоятельной работ по физической химии для студентов специальности 020101.65 «Химия», направлений 020100.62 "Химия" и 240100.62 - «Химическая технология»

Курск 2014

УДК 541.1

Составитель С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.В. Агеева*

Электрическая проводимость. Равновесие в растворах электролитов: методические указания к выполнению индивидуальной и самостоятельной работы по физической химии для студентов специальности 020101.65 «Химия, направлений 020100.62 "Химия" и 240100.62 – «Химическая технология»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2014. 27 с.: табл. 6.

Содержат контрольные вопросы по разделу физической химии «Электрохимия», в частности по кондуктометрии и потенциометрии. Можно использовать при выполнении и защите лабораторных работ, а также 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 студентам специальности 020101.65 «Химия, направлений 020100.62 "Химия" и 240100.62 – «Химическая технология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Форма 60x84 1/16.

Усл. печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 30 экз. Заказ. . Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задания для индивидуальной и самостоятельной работы по теме «Кондуктометрия».....	4
Контрольные вопросы к теме «Кондуктометрия».....	4
Задания к самостоятельной работе студентов.....	5
Задания к индивидуальной работе студентов.....	8
Задания для индивидуальной и самостоятельной работы по теме «Потенциометрия».....	16
Контрольные вопросы к теме «Потенциометрия».....	16
Задания к самостоятельной работе студентов.....	17
Задания к индивидуальной работе студентов.....	20
Библиографический список.....	26

## 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.

Задания для индивидуальной и самостоятельной работы по теме  
«Кондуктометрия»

Контрольные вопросы к теме «Кондуктометрия»

1. Сформулируйте основные понятия: электролит, электропроводность, удельная и эквивалентная электропроводность, предельная эквивалентная электропроводность. Каково соотношение величин удельной и эквивалентной электропроводности? Как зависят эти величины от концентрации раствора?
2. Объясните причины изменения удельной электропроводности растворов сильных и слабых электролитов при изменении их концентрации.
3. Сформулируйте: зависимость между удельной и эквивалентной электропроводностью, закон Дебая и Хьюккеля для сильных электролитов, закон независимого движения ионов Кольрауша, зависимость электропроводности от температуры, закон разведения Оствальда.
4. Назовите преимущества кондуктометрических определений.
5. Чем вызвана необходимость расчета константы прибора?
6. Можно ли при определении пользоваться постоянным током? Можно ли пользоваться переменным током низкой частоты?
7. Почему производится платинирование электродов?
8. Почему при измерении электропроводности необходимо термостабирование?
9. Почему при измерении электропроводности необходимо пользоваться дистиллированной водой?
10. Играет ли роль количество жидкости, взятой для определения электропроводности? Что будет происходить, если электроды не полностью погружены в жидкость?
11. Для чего вводится величина константы прибора? Какой смысл имеет эта величина?
12. Что означает термин «энергия кристаллической решетки»? Напишите уравнения Борна и Капустинского для ее расчета.

13. Что означает термин «энергия сольватации»?
14. Что представляет собой коэффициент активности, каков его физический смысл?
15. Какое состояние растворов электролитов называют стандартным?
16. Приведите уравнения, связывающие средний ионный коэффициент активности с ионной силой раствора согласно трем приближениям теории Дебая-Хюккеля. Как выглядят графики этих зависимостей?
17. Поясните термин «радиус ионной сферы», от чего зависит его величина?
18. Что означают термины «абсолютная скорость движения» и «подвижность» ионов?
19. Что означает термин «числа переноса», каковы экспериментальные методы их определения? Зависят ли числа переноса от концентрации и температуры раствора?

#### Задания к самостоятельной работе студентов

1. Вычислить ионную силу раствора, содержащего в 200 г  $\text{H}_2\text{O}$  0,01 моль  $\text{BaCl}_2$  и 0,1 моль  $\text{NaNO}_3$ .
2. Вычислить ионную силу раствора, содержащего в 100 г  $\text{H}_2\text{O}$  0,012 моль  $\text{KCl}$  и 0,1 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
3. Определить ионную силу раствора, содержащего 0,02 моль серной кислоты и 0,005 моль сульфата магния на 450 г воды при 298К.
4. Определить ионную силу раствора, содержащего 0,02 моль соляной кислоты и 0,03 моль хлорида алюминия на 230 г воды при 298К.
5. Вычислить средние ионные коэффициенты активности  $\gamma_{\pm}$  для 0,01 и 0,001 М растворов  $\text{NaCl}$  ( $A=0,509$ ).
6. Для 0,1 м раствора  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  вычислить среднюю ионную моляльность, активность, общую активность электролита и активности ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cr}^{3+}$  при 298 К.
7. Рассчитать молярное значение растворимости  $\text{CdSO}_4$  в водном насыщенном растворе без учета и с учетом влияния ионной силы раствора.
8. Вычислить молярную электрическую проводимость 0,02 М раствора бромида калия.
9. Вычислить молярную электрическую проводимость 0,05 М раствора гидроксида калия.
10. Вычислить эквивалентную электрическую проводимость бесконечно разбавленного раствора хлорида серебра при температуре 35°C.

11. Вычислить эквивалентную электрическую проводимость бесконечно разбавленного раствора нитрата натрия при температуре 18°C.
12. Вычислить эквивалентную электрическую проводимость бесконечно разбавленного раствора бромата никеля при температуре 30°C.
14. Вычислить молярную электрическую проводимость 0,2 М раствора гидрокарбоната натрия при температуре 25°C.
15. Вычислить молярную электрическую проводимость 0,02 М раствора хлорида калия при температуре 10°C по значению удельной электрической проводимости.
16. Вычислить молярную электрическую проводимость 0,01 М раствора хлорида калия при температуре 30°C по значению удельной электрической проводимости.
17. Рассчитать массовую растворимость AgCl в 0,01 М растворе MgCl<sub>2</sub> с учетом влияния ионной силы раствора.
18. Рассчитать растворимость CaF<sub>2</sub> в 0,010 М растворе HCl. Во сколько раз полученное значение больше растворимости в чистой воде?
19. Многовариантные задачи

1. Используя данные о свойствах растворов (таблицы 1, 2) вещества А в воде, выполните следующие действия:

Таблица 1 –Варианты заданий

№ варианта	вещество	№ варианта	вещество
1	HCN	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 2 -Исходные данные для расчета

C, 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

- 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

2. 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 3).

Таблица 3 - 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

3. 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	№ варианта	вещество
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<sup>+</sup> в растворе при концентрации  $a$  моль/л;

б) определить рН раствора при концентрации  $a$  моль/л;

Задания к индивидуальной 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)                      В)  $6,5 \cdot 10^{-2}$  (щавелевая)

2. Ионная сила раствора, содержащего 0,01 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,02 моль  $\text{MgSO}_4$  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)  $J = 1/2 \sum m_i z_i^2$ ,                      В)  $j = 1 - \frac{\Delta T}{1.858 m_2}$ . Г)  $\Delta T_3 = i K_C$

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;

Вариант 2.

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. Какое выражение позволяет рассчитать эквивалентную электро-





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)  $\varepsilon_1 \sqrt[3]{\frac{1}{C_1}} \approx \varepsilon_2 \sqrt[3]{\frac{1}{C_2}} \approx \varepsilon_3 \sqrt[3]{\frac{1}{C_3}} \approx \dots \approx const$       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)  $\alpha = \frac{\nu^+ C_{M^+}}{C_{\text{общ}}}$  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

А)  $\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дисс}}}{C}}$  Б)  $\alpha = \frac{\nu^+ C_{M^+}}{C_{\text{общ}}}$

В)  $K_{\text{дисс}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$  Г)  $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$

## Вариант 6.

1. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора НСООН (при 25°, в  $\text{См}\cdot\text{см}^2/\text{г}\cdot\text{экв}$ ):

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

2. Средняя ионная активность  $\text{MgJ}_2$  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

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

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

4. Зависимость электропроводности кристаллов от температуры:

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

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

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

## Вариант 7.

1. Пользуясь справочником, рассчитайте эквивалентную электропроводность при бесконечном разбавлении раствора КОН (при 25°, в  $\text{См}\cdot\text{см}^2/\text{г}\cdot\text{экв}$ ):

- 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  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (при 25°, в  $\text{См} \cdot \text{см}^2/\text{Г-экв}$ ):

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

2. Средняя ионная активность  $\text{AlCl}_3$  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)  $\lambda = \lambda_c - A \cdot R T \ln x$       Б)  $x = \frac{\lambda}{\lambda_c} + A R T \ln K_H$

В)  $A R T \ln x + \lambda C = \lambda$       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  $25^\circ\text{C}$  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)      В)  $6,5 \cdot 10^{-2}$  (щавелевая)

3. Какое выражение представляет собой закон разбавления Оствальда

для любого электролита, записанное через степень диссоциации:

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

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) 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.

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

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

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:

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

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  $\text{См} \cdot \text{см}^2 / \text{г-экв}$ ):

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

$$\text{А) } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дисс}}}{C}} \quad \text{Б) } \alpha = \frac{\frac{1}{\nu^+} C_{M^+}}{C_{\text{общ}}}$$

$$\text{В) } K_{\text{дисс}} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \quad \text{Г) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$$

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

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

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

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

Задания для индивидуальной и самостоятельной работы по теме «Потенциометрия»

Контрольные вопросы к теме «Потенциометрия»

1. Электродные процессы. Механизм возникновения двойного электрического слоя и разности потенциалов.
2. Электродвижущая сила. Уравнение Нернста.
3. Гальванические элементы. Электродные потенциалы и э.д.с. гальванических элементов. Гальванические цепи.
4. Классификация электродов. Электроды 1-го и 2-го рода.
5. Стекланный электрод. Окислительно-восстановительные электроды. Газовые электроды. Амальгамные электроды.
6. Зависимость Э.Д.С. от температуры.
7. Потенциометрия. Использование на практике.
8. Порядок работы на потенциометре.
9. Перечислите правила схематической записи электрохимических цепей. Приведите примеры.
10. Что представляет собой стандартный электродный потенциал электрохимического процесса? Как экспериментально можно опреде-



лить его значение?

11. Выразите значение произведения растворимости исследуемой соли от потенциала используемой электрохимической цепи и активностей потенциалопределяющих веществ.
12. Как учесть неидеальность раствора при переходе от концентрации к его активности? Как определяется ионная сила раствора?
13. Каковы условия равновесия в гетерогенной электрохимической системе?
14. Чем определяется специфика электрохимических процессов?
15. Перечислите возможные причины возникновения скачка потенциала на границе фаз.
16. Каково строение двойного электрического слоя по Гельмгольцу, Гуи-Чапмену, Штерну? Начертите график изменения концентрации ионов, а также потенциала электрода как функцию расстояния от поверхности электрода для трех названных моделей.
17. Для какой из областей – термодинамики или кинетики электрохимических процессов – необходимы представления о строении двойного электрического слоя?
18. От каких факторов зависит толщина диффузной части двойного электрического слоя?
19. Что представляют собой электрокапиллярные явления и поверхностное натяжение?
20. Вследствие чего возникает диффузионный потенциал? Как его можно рассчитать или элиминировать?
21. Какую электрическую работу можно получить от гальванического элемента? Когда элемент работает с нагреванием, когда с охлаждением?
22. Как можно использовать гальванический элемент для расчета физико-химических свойств систем?
23. Для чего применяется элемент Вестона? Каково его устройство?
24. Химические цепи.
25. Концентрационные цепи.

#### Задания к самостоятельной работе студентов

1. Рассчитать растворимость осадка карбоната меди в его насыщенном растворе, содержащем 0,01 моль/л  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  при  $\text{pH}=5,0$ .
2. Рассчитать растворимость сульфида ртути (I) в воде с учетом гид-

- ролиза сульфид-иона и определить, во сколько раз полученный результат растворимости, вычисленной без учета гидролиза?
3. Рассчитать растворимость сульфида меди (II) в его насыщенном водном растворе с учетом гидролиза аниона. Сравнить с результатом, полученным без учета гидролиза.
  4. Рассчитать растворимость оксалата серебра в насыщенном растворе при  $\text{pH}=3,0$  и сравнить с растворимостью в чистой воде.
  5. Какова концентрация ионов магния в растворе  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , если  $\text{pH}$  равно 11?
  6. Рассчитать растворимость осадка  $\text{PbSeO}_3$  в его насыщенном растворе с учетом гидролиза катиона и аниона.
  7. С учетом влияния ионной силы раствора рассчитать растворимость осадка  $\text{CaF}_2$  в его насыщенном растворе, содержащем 0,01 моль/л  $\text{CaF}_2$  и  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $\text{HCl}$ .
  8. Во сколько раз растворимость сульфида серебра в 0,020М растворе азотной кислоты больше, чем в чистой воде? При расчете учесть влияние ионной силы раствора и  $\text{pH}$ .
  9. Вычислить и сравнить  $\text{pH}$  растворов: 0,1 М  $\text{HCl}$  и 0,1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
  10. Вычислить и сравнить  $\text{pH}$  растворов: 5,0 %-ного  $\text{HCl}$  и 5,0 %-ного раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
  11. Вычислить концентрацию  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  в 0,1 М растворе  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Рассчитать степень диссоциации в этом растворе.
  12. При какой концентрации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  диссоциирует на 30%?
  13. Вычислить концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSO}_4^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{pH}$  в растворах.
  14. Вычислить молярность раствора  $\text{HCOOH}$ , имеющего  $\text{pH} = 3,0$  и молярность раствора триэтанолamina с  $\text{pH} = 10,0$ .
  15. Вычислить константу диссоциации  $\text{HCOOH}$ , если  $\text{pH}$  ее водного 0,04 М раствора равен 2,57.
  16. Вычислить константу диссоциации  $\text{HCOOH}$ , если в 0,46% -ном растворе она диссоциирована на 4,2%.
  17. Вычислить концентрацию ацетат-ионов и степень диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , если к 1М раствору  $\text{CH}_3\text{COOH}$  прибавили  $\text{HCl}$  до  $\text{pH} 0,8$ .
  18. Вычислить концентрацию анионов и степень диссоциации  $\text{HCOOH}$ , если к 40 мл 0,2% -ного раствора  $\text{HCOOH}$  прибавили 30 мл 2,0 % -ного раствора  $\text{HCl}$ .

19. Определить концентрацию ионов  $H^+$ ,  $OH^-$  и pH раствора, полученного смешением 25 мл 0,2 М  $CH_3COOH$  и 15 мл 0,2 М  $CH_3COONa$ .

20. Многовариантная задача

При титровании раствора вещества А объемом  $V_A$  мл использовали водный раствор вещества В с концентрацией  $C_B$  (данные в таблице 5). Полученные данные представлены в таблице 6. Определить концентрацию вещества А в исходной растворе.

Таблица 5 – Исходные данные для расчета

№	Вещество А	$V_A$ , мл	Вещество В	$C_{B,Г-ЭКВ/Л}$
1	уксусная кислота	25,00	гидроксид натрия	0,01
2	фосфорная кислота, содержащая примесь $KH_2PO_4$ ,	20,00	гидроксид натрия	0,1
3	смесь гидроксида и карбоната натрия	25,00	соляная кислота	0,1
4	фосфорная кислота, содержащая примесь $KH_2PO_4$ ,	5,00	гидроксид натрия	0,1
5	$NH_4VO_3$	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	$K_2Cr_2O_7$	5,00	раствор двухвалентного хрома в кислой среде	0,1
9	раствор, содержащий $Cr^{2+}$	25,00	раствор перманганата калия в кислой среде	0,01
10	хлорид кальция	20,00	нитрат ртути	0,05
11	бромид магния	20,00	нитрат ртути	0,10

Таблица 6 – 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

Продолжение таблицы 6

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												
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					

## Задания к индивидуальной работе студентов

- В электродном процессе транспортной стадией называется:
  - 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.
  - Реакция, в которой участвуют ионы плотной части двойного слоя, сопровождающаяся потерей сольватной оболочки изменением заряда с протеканием на катоде и аноде соответствующих процессов.
  - Стадия, связанная с образованием конечного продукта.
  - Наиболее медленная стадия
- В электродном процессе электрохимической стадией называется:
  - 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:

$$А) W = FkC' e^{-\frac{\omega}{RT}}$$

$$Б) i_a = k_1 e^{-\frac{\omega_a}{RT}}$$

$$В) i_k = k_2 C' e^{-\frac{\omega_k}{RT}}$$

$$Г) W = DC_m \cdot e^{-\omega/RT}$$

5. Рекомбинационная теория, 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 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:

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

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  $M^{Z+} + 2 e \rightleftharpoons M$ ;  
 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  $M^{Z+}|M$  с электродной реакцией  $M^{Z+} + 2 e \rightleftharpoons M$ ;  
 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

$A^{Z-}|MA, M$  с электродной реакцией  $MA + ze \Leftrightarrow M + A^{Z-}$

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:

А)  $H^+|H_2, Pt$  с электродной реакцией  $H^+ + e \Leftrightarrow 1/2H_2$

Б)  $Cl^-|Hg_2Cl_2, Hg$  с реакцией  $1/2Hg_2Cl_2 + e \Leftrightarrow Hg + Cl^-$

В)  $Cl^-|AgCl, Ag$  с электродной реакцией  $AgCl + e \Leftrightarrow Ag + Cl^-$

Г)  $MnO_4^-, Mn^{2+}, H^+|Pt$  с реакцией  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \Leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

18. Схема окислительно-восстановительного электрода имеет вид:

А)  $H^+|H_2, Pt$  с электродной реакцией  $H^+ + e \Leftrightarrow 1/2H_2$

Б)  $Cl^-|Hg_2Cl_2, Hg$  с реакцией  $1/2Hg_2Cl_2 + e \Leftrightarrow Hg$

В)  $Me^{z+}|Me, Hg$  с электродной реакцией  $Me^{z+} + ze \Leftrightarrow Me(Hg)$

Г)  $MnO_4^-, Mn^{2+}, H^+|Pt$  с реакцией  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \Leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

19. В концентрационной цепи с переносом вещества

$(-)Ag|AgNO_3(a_1)|AgNO_3(a_2)|Ag(+)$

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:

- А) перемещение ионов по кристаллу при наложении электрического поля;
- Б) перемещение дефектов по кристаллу при наложении электрического поля;



Н.К.Воробьев, И.Н.Годнев и др./ под ред К.С. Краснова.-М.: Высшая школа, 1982.-687 с.

4. Новый справочник химика и технолога. [Текст] в 2 томах. Том I. Химическое равновесие. Свойства растворов. СПб.: Профессинал. 2004. 998 с

5. Практикум по физической химии/ Под ред. С.В. Горбачева. М.: Высшая школа, 1974. 496.

6. Практические работы по физической химии/ Под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. Л.: Химия, 1967. 347.

7. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. А.А.Равделя, А.М.Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 231.

8. 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.