

**Контрольно-измерительные материалы  
по дисциплине «Химия»  
для специальности «Лечебное дело»**

**ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема:** Кондуктометрическое определение константы и степени диссоциации слабых электролитов в водных растворах.

**I. Вопросы для контроля усвоения темы занятия:**

1. Электрохимия. Основные понятия. Электролитическая диссоциация.
2. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации. Её кондуктометрическое определение.
3. Активность ионов и её связь с концентрацией электролита. Коэффициент активности.
4. Подвижность ионов. Факторы на нее влияющие.
5. Удельная электропроводимость, ее физический смысл, факторы, влияющие на нее.
6. Молярная (эквивалентная) электрическая проводимость, ее физический смысл, зависимость от концентрации, способ расчета.
7. Предельные молярные электропроводности ионов. Закон Кольрауша.
8. Константа диссоциации слабых электролитов. Закон разведения Оствальда. Вывод его математического выражения.
9. Метод кондуктометрического титрования. Преимущества перед другими титриметрическими методами анализа. Кривые кондуктометрического титрования.

**II. Вопросы для подготовки к следующему занятию по теме:  
«Водородный показатель. Буферные растворы.  
Определение рН растворов электролитов».**

1. Электролитическая диссоциация воды, константа автопротолиза воды.
2. Активность ионов и её связь с концентрацией раствора. Коэффициент активности.
3. Водородный показатель рН как мера активной реакции среды.
4. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Связь рН буферных растворов с их составом. Буферная емкость.
5. Потенциометрические методы анализа.
6. Химические источники тока (гальванические элементы), их виды. Электроды, полуэлементы, цепи. Электродвижущая сила (ЭДС), её связь с энергией Гиббса протекающей в элементе реакции.
7. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы и способы сведения их к минимуму.
8. Уравнения Нернста для расчета электродных потенциалов и для расчета ЭДС.
9. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры. Водородный электрод, его применение в качестве стандартного.
10. Обратимые электроды 2-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Хлоридсеребряный и каломельный электроды. Устройство и применение в качестве электродов сравнения.
11. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод (устройство и применение). Принципиальное устройство рН-метра. Потенциометрическое определение рН.
12. Концентрационные гальванические элементы и их применение для определения растворимости труднорастворимых солей.
13. Окислительно-восстановительные электроды и гальванические элементы. Применение их для расчета констант равновесия окислительно-восстановительных реакций.

### III. Задания для самостоятельной работы

Задания приведены в общем виде, номера вопросов по вариантам, а также данные к задачам взять из таблицы 1.

**Задание 1.** Дайте письменный ответ на следующие вопросы:

1. Электрохимия. Основные понятия. Электролитическая диссоциация.
2. Степень диссоциации. Её кондуктометрическое определение.
3. Активность ионов и её связь с концентрацией электролита. Коэффициент активности.
4. Удельная электропроводимость, её физический смысл, факторы, влияющие на нее.
5. Молярная (эквивалентная) электрическая проводимость, её физический смысл, зависимость от концентрации, способ расчета.
6. Подвижность ионов. Факторы на нее влияющие.
7. Предельные молярные электропроводности ионов. Закон Кольрауша.
8. Кондуктометрическое определение константы диссоциации слабых электролитов.
9. Закон разведения Оствальда. Вывод его математического выражения.
10. Кондуктометрическое титрование. Преимущества перед другими титриметрическими методами.
11. Кривая кондуктометрического титрования слабой кислоты сильным основанием и смеси слабой и сильной кислот сильным основанием.

**Задача 2.** Эквивалентная электрическая проводимость при бесконечном разведении пикрата калия равна  $[\lambda_{\infty}] \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ . Подвижность иона калия  $[\lambda_{+}] \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ . Рассчитать подвижность пикрат-иона. Какова будет эквивалентная электрическая проводимость раствора при степени диссоциации пикрата калия, равной  $[\alpha]$ ?

**Задача 3.** Удельная электрическая проводимость  $[C] \text{ М}$  раствора аммиака равна  $[\kappa] \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ . Подвижности ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{OH}^-$  соответственно равны  $[\lambda_{+}]$  и  $[\lambda_{-}] \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ . Рассчитать молярную проводимость, степень и константу ионизации аммиака.

Таблица № 1.

Вариант	№ задания	Номера вопросов и данные к задачам
1	1	1
	2	$\lambda_{\infty} = 1,0397 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,7358 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,3$
	3	$C = 0,211 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 58,2 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 155,3 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
2	1	2
	2	$\lambda_{\infty} = 1,217 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,639 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,24$
	3	$C = 0,264 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 72,1 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 194,2 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
3	1	3
	2	$\lambda_{\infty} = 1,362 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,828 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,19$
	3	$C = 0,301 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 69,4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 185,8 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .

4	1	4
	2	$\lambda_{\infty} = 0,987 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,529 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,44$
	3	$C = 0,42 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 62,4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 166,8 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
5	1	5
	2	$\lambda_{\infty} = 1,263 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,612 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,37$
	3	$C = 0,261 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 74,8 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 201,6 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
6	1	6
	2	$\lambda_{\infty} = 1,143 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,782 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,35$
	3	$C = 0,311 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 67,8 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 182,2 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
7	1	7
	2	$\lambda_{\infty} = 1,037 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,738 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,32$
	3	$C = 0,185 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 65,0 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 174,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
8	1	8
	2	$\lambda_{\infty} = 1,251 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,668 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,18$
	3	$C = 0,305 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 63,9 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 171,0 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
9	1	9
	2	$\lambda_{\infty} = 1,074 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,797 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,27$
	3	$C = 0,211 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 66,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 178,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
10	1	10
	2	$\lambda_{\infty} = 1,013 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,699 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,31$
	3	$C = 0,271 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 70,7 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 189,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
11	1	11
	2	$\lambda_{\infty} = 1,088 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,843 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,28$
	3	$C = 0,242 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 77,6 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 209,4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
12	1	4
	2	$\lambda_{\infty} = 1,067 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,598 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,34$
	3	$C = 0,276 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 59,6 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 159,1 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .

13	1	5
	2	$\lambda_{\infty} = 1,257 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,852 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,35$
	3	$C = 0,263 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 73,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 198,3 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
14	1	7
	2	$\lambda_{\infty} = 1,093 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,702 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,22$
	3	$C = 0,185 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 76,2 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 205,5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
15	1	9
	2	$\lambda_{\infty} = 1,213 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,621 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,29$
	3	$C = 0,171 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 79,1 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 213,3 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .
16	1	10
	2	$\lambda_{\infty} = 1,223 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 0,755 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\alpha = 0,33$
	3	$C = 0,261 \text{ М}$ ; $\kappa = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ; $\lambda_{+} = 61,0 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ; $\lambda_{-} = 162,9 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ .

#### IV. Задание для выполнения лабораторной работы

##### Определение константы и степени диссоциации (ионизации) слабых электролитов в водных растворах.

**Цель работы:** определение степени и константы диссоциации (ионизации) слабых электролитов кондуктометрическим методом.

**Целевые задачи:** Освоение кондуктометрического метода; расчет постоянной ячейки (ёмкости сопротивления); измерение сопротивления растворов слабых электролитов; определение удельной и молярной электрической проводимости, степени и константы ионизации растворов электролитов.

##### Оснащение рабочего места.

Кондуктометр	Мерные цилиндры
Ячейка для измерения электропроводимости	Колбы или стаканы на 50 мл
Раствор хлорида калия 0,02 М	Бюретка на 50 мл
Растворы слабых электролитов	Термометр

##### Проведение опыта.

1. Проверить оснащение рабочего места. Измерить и записать температуру, при которой проводится опыт.
2. Приготовить методом разбавления вдвое растворы слабого электролита (по указанию преподавателя). Для этого, например, отмерить в 4 колбы (пронумерованные от № 1 до № 4) по 30 мл дистиллированной воды. Добавить в 4-ю колбу 30 мл исходного раствора электролита. После тщательного перемешивания перенести последовательно по 30 мл раствора из 4-й колбы в 3-ю, из 3-й – во 2-ю, из 2-й – в 1-ю. В колбу № 5 отмерить 30 мл исходного раствора электролита.
3. Ознакомиться с инструкцией по работе с кондуктометром. Подготовить прибор к работе, для чего не менее 3 раз промыть дистиллированной водой ячейку

кондуктометра. Включить прибор в сеть и проводить измерения в соответствии с описанием и инструкцией.

- Для определения константы ячейки  $K_{\text{я}}$  поместить в ячейку эталонный 0,02 М раствор хлорида калия и измерить его сопротивление  $R_{\text{KCl}}$ :
- Значение удельной электропроводности  $\kappa_{\text{KCl}}$ , соответствующее температуре опыта, взять из справочной таблицы:

T, °C	$\kappa$ , Ом <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>
15	0,002243
16	0,002294
17	0,002345
18	0,002397
19	0,002449
20	0,002501

T, °C	$\kappa$ , Ом <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>
21	0,002553
22	0,002606
23	0,002659
24	0,002712
25	0,002765

- Рассчитать константу ячейки:

$$K_{\text{я}} = \kappa_{\text{KCl}} \cdot R_{\text{KCl}}$$

- Измерить сопротивление каждого из 5 растворов слабого электролита, начиная с раствора с наименьшей концентрацией. Результаты показать преподавателю и занести в таблицу экспериментальных данных.

**ВНИМАНИЕ!** Все последующие расчеты проводить с точностью до 4-х знаков после запятой.

Исследуемый электролит					Температура, T = °C			
№	C, моль/л	R, Ом	$\kappa$ , Ом <sup>-1</sup> М <sup>-1</sup>	$\lambda_{\text{v}}$ , Ом <sup>-1</sup> см <sup>2</sup> моль <sup>-1</sup>	$\lambda_{\infty}$ , Ом <sup>-1</sup> см <sup>2</sup> моль <sup>-1</sup>	$\alpha$	K	$K_{\text{средн}}$
1								
2								
3								
4								
5								

- Выключить прибор, привести в порядок рабочее место и сдать его дежурному.

- Рассчитать удельные электрические проводимости растворов по уравнению:

$$\kappa_i = K_{\text{я}}/R_i$$

- Рассчитать молярные электрические проводимости исследуемых растворов:

$$\lambda_{\text{v},i} = \frac{\kappa_i \cdot 1000}{C_i},$$

где  $C_i$  – молярная концентрация эквивалента электролита (моль/л) в  $i$ -том растворе.

- Интерполяцией к температуре опыта рассчитать предельные молярные электропроводности ионов ионов ( $\lambda_+$  и  $\lambda_-$ ), на которые диссоциирует исследуемый электролит.

Значения $\lambda_+$ и $\lambda_-$ (Ом <sup>-1</sup> см <sup>2</sup> моль <sup>-1</sup> ) при различных температурах					
Катион	18°C	25°C	Анион	18°C	25°C
H <sup>+</sup>	315,0	349,8	ОН <sup>-</sup>	171,0	198,3
Na <sup>+</sup>	42,8	50,1	СН <sub>3</sub> СОО <sup>-</sup>	34,0	40,9
K <sup>+</sup>	63,9	73,5	С <sub>6</sub> Н <sub>5</sub> СОО <sup>-</sup>	26,1	32,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	63,9	73,5	НСОО <sup>-</sup>	47,0	54,6

12. С их помощью по закону Кольрауша вычислить молярную электрическую проводимость исследуемого электролита при бесконечном разведении ( $\text{Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$ ):

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{+} + \lambda_{-} =$$

13. Рассчитать степень диссоциации электролита в каждом растворе по уравнению:

$$\alpha_i = \lambda_{vi}/\lambda_{\infty}.$$

14. Рассчитать значения констант диссоциации по закону разведения Оствальда:

$$K_i = \frac{\alpha_i^2 C_i}{1 - \alpha_i}$$

15. Вычислить среднее значение константы (для кислоты  $K_a$ , для основания  $K_b$ ):

$$K_{\text{средн}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5}{5}$$

16. Результаты расчетов занести в таблицу.

17. Сравнить найденное значение константы со справочным ( $K_{\text{справ}} =$  ) при температуре опыта и рассчитать ошибку определения:

$$E = \frac{K_{\text{средн}} - K_{\text{справ}}}{K_{\text{справ}}} \times 100\% =$$

18. Сформулировать выводы.