

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Щёкина Вера Витальевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.03.2026 09:10:45  
Уникальный программный ключ:  
a2232a55157e576551a8999b1190892e53989470420736f8bf573a434e57789



**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»**

**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
Рабочая программа дисциплины**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан естественно-географического  
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»**

**И.А. Трофимцова**

**«28» июня 2023 г.**

**Рабочая программа дисциплины  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

**Направление подготовки  
04.03.01 ХИМИЯ**

**Профиль  
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 9 от «28» июня 2023 г.)**

**Благовещенск 2023**

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	3
2	УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.....	4
3	СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....	6
4	МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
5	ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	9
6	ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....	14
7	ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....	29
8	ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИ- ЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	29
9	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ.....	29
10	МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА.....	30
11	ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ.....	33

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1.1. Цель дисциплины:** изучение и объяснение закономерностей основных законов протекания процессов и явлений в гетерогенных электрохимических системах. Изучить закономерности основных законов протекания процессов и явлений в гетерогенных электрохимических системах. Освоить методики решения задач.

### 1.2 Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Электрохимические методы анализа» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 (Б1.В.ДВ.02.02).

Для освоения дисциплины «Электрохимические методы анализа» обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения общей, неорганической, аналитической и физической химии.

Дисциплина «Электрохимические методы анализа» формирует современные представления о направленности процессов в гетерогенных электрохимических системах, методах расчета равновесий, о принципах решения проблем неравновесных систем с помощью положений термодинамики неравновесных процессов, химической кинетики и катализа.

**1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:** ПК-1, ПК-5:

– **ПК-1.** Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов, **индикаторами** достижения которой является:

- ПК-1.1. Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.

- ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности

- ПК-1.3. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин

– **ПК-5.** Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения под руководством специалистов более высокой квалификации, **индикаторами** достижения которой является:

- ПК-5.1. Выбирает методы и средства контроля качества, сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения на соответствие требуемой нормативной документации

- ПК-5.2. Выполняет стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.

- ПК-5.3. Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме

- ПК-5.4. Осуществляет контроль точности аналитического оборудования на соответствие требуемой нормативной документации

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения.

В результате изучения дисциплины студент должен

– **Знать:**

- стандартные операции по предлагаемым методикам;
- основные правила владения базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований;

– **Уметь:**

- выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения; выполнять стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.

– **Владеть:**

- навыками планирования, анализа;
- навыками применения основных законов химии в профессиональной сфере деятельности и грамотной интерпретации полученных результатов.

**1.5 Общая трудоемкость дисциплины** «Электрохимические методы анализа» составляет 3 зачетных единицы (далее – ЗЕ) (108 часа).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

### 1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

#### Объем дисциплины и виды учебной деятельности (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 8
Общая трудоемкость	108	108
Аудиторные занятия	66	66
Лекции	32	32
Лабораторные работы	34	34
Самостоятельная работа	42	42
Вид итогового контроля		зачет

## 2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
<b>I</b>	<b>Ионы. Растворы электролитов</b>				
1	Введение. Электрохимические методы анализа. Правила техники безопасности, противопожарной безопасности и правила оказания первой медицинской помощи	6	4		2
2	Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов	4	2		2
3	Процессы сольватации и гидратации ионов, термодинамические характеристики сольватации	4	2		2
4	Диэлектрическая проницаемость, дипольный момент и поляризуемость. Молярная и удельная рефракции жидкости и газа	2	2		
5	Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов. Активность	2	2		
6	Теория Дебая-Хюккеля и коэффициенты активности. Применение теории Дебая-Хюккеля	2	2		
5	Лабораторная работа 1. Определение активности катионов меди(II) в растворе	6		4	2
6	Лабораторная работа 2. Определение активности катионов меди(II) в растворе в присутствии биологического объекта	6		4	2

7	Лабораторная работа 3. Определение произведения растворимости малорастворимых солей методом потенциометрии	6		4	2
8	Лабораторная работа 4. Определение значений водородного показателя (рН) водных растворов методом потенциометрии	6		4	2
9	Лабораторная работа 5. Определение среднего коэффициента активности электролита методом потенциометрии	6		4	2
10	Лабораторная работа 6. Прямая потенциометрия. Определение рН раствора лекарственного препарата с использованием стеклянного электрода	6		4	2
11	Лабораторная работа 7. Кислотно-основное потенциометрическое титрование. Определение концентрации соляной кислоты	6		4	2
12	Контрольная работа	2			2
<b>II</b>	<b>Электрическая проводимость растворов</b>				
1	Природа электричества. Электрическая проводимость растворов. Абсолютная скорость движения ионов в растворах электролитов.	4	2		2
2	Удельная электрическая проводимость. Молярная электрическая проводимость растворов электролитов.	2	2		
3	Зависимость молярной электрической проводимости растворов электролитов от разведения. Числа переноса.	4	2		2
4	Основные понятия электрохимии. Электрохимическая ячейка. Электроды. Классификация электродов.	4	2		2
5	Ферментные электроды, биологические мембраны и биоэлектрохимия. Биосенсорика.	2			2
6	Лабораторная работа 8. Кулонометрическое определение катионов меди(II) в растворе	6		4	2
7	Расчет и измерение электродного потенциала.	2			2
<b>III</b>	<b>Электрохимические методы анализа</b>				
1	Потенциометрические методы анализа	4	2		2
2	Кулонометрические методы анализа	3	2		1
3	Кондуктометрические методы анализа	3	2		1
4	Лабораторная работа 9. Определение произведения растворимости малорастворимой соли методом кондуктометрии	4		2	2
5	Вольтамперометрические методы анализа	3	2		1
6	Полярографические методы анализа	1			1
	<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>42</b>

**Интерактивное обучение по дисциплине**

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1	Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов	ЛК	Лекция с ошибками	2
2	Диэлектрическая проницаемость, дипольный момент и поляризуемость. Молярная и удельная рефракции жидкости и газа	ЛК	Лекция-дискуссия	2
3	Теория Дебая-Хюккеля и коэффициенты активности. Применение теории Дебая-Хюккеля	ЛК	Лекция с ошибками	2
4	Удельная электрическая проводимость. Молярная электрическая проводимость растворов электролитов	ЛК	Лекция с ошибками	2
5	Лабораторная работа 1. Определение активности катионов меди(II) в растворе	ЛБ	Работа в малых группах	4
6	Лабораторная работа 8. Кулонометрическое определение катионов меди(II) в растворе	ЛБ	Работа в малых группах	4
7	Лабораторная работа 9. Определение произведения растворимости малорастворимой соли методом кондуктометрии	ЛБ	Работа в малых группах	4
8	Кулонометрические методы анализа	ЛК	Лекция-дискуссия	2
	<b>ИТОГО</b>			<b>22</b>

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) I ИОНЫ. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Введение. Электрохимические методы анализа.

Правила техники безопасности, противопожарной безопасности и правила оказания первой медицинской помощи

Происхождение электрического тока. Сольватация ионов. Сильные электролиты. Кислотность растворов. Активность ионов водорода. Кислые и основные свойства аминокислот и полимеров (природных и синтетических). Движение ионов в растворе.

Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов

Общая характеристика электрохимических процессов. Энергия кристаллической решетки. Энергия сольватации. Цикл Борна-Габер. Определение энергии сольватации электролита и отдельных ионов.

Процессы сольватации и гидратации ионов, термодинамические характеристики сольватации.

Термодинамическая теория растворов электролитов. Введение понятий об активности и о коэффициенте активности.

Экспериментальное определение коэффициентов активности. Ионная сила растворов. Правило ионной силы.

Теория Аррениуса. Теория Дебая-Хюккеля. Ионная атмосфера. Радиус ионной атмосферы. Энергия взаимодействия центрального иона с ионной атмосферой.

Диэлектрическая проницаемость, дипольный момент и поляризуемость. Молярная и удельная рефракции жидкости и газа.

Основное уравнение теории Дебая-Хюккеля для коэффициентов активности. Недостатки теории Дебая-Хюккеля. 1-е, 2-е, 3-е приближения теории Дебая-Хюккеля.

Неравновесные явления в растворах электролитов. Поток диффузии. Поток мигра-

ции. Первый закон Фика. Электропроводность растворов электролитов.

Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов. Активность

Подвижности ионов. Закон Кольрауша. Зависимость подвижности от концентрации и температуры. Числа переноса. Методы их определения. Соотношения между коэффициентами переноса массы и заряда.

Теория Дебая-Хюккеля и коэффициенты активности. Применение теории Дебая-Хюккеля

Предельные подвижности ионов. Закон Стокса. Вывод уравнения Нернста-Эйнштейна. Соотношение Вальдена-Писаржевского. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Особые случаи и механизмы электропроводности электролитов. Расплавы и твердые электролиты. Расплавы оксидов. Ионные кристаллы.

## **II ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАСТВОРОВ**

Природа электричества.

Электрическая проводимость растворов. Абсолютная скорость движения ионов в растворах электролитов.

Удельная электрическая проводимость. Молярная электрическая проводимость растворов электролитов. Понятие удельной, молярной, эквивалентной электропроводности. Связь между ними.

Зависимость молярной электрической проводимости растворов электролитов от разведения. Числа переноса.

Электроды и электрохимические цепи. Двойной электрический слой

Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод/раствор. Особенности равновесия между фазами, содержащими заряженные частицы. Понятие внутреннего, внешнего и поверхностного потенциала. Вывод формулы Нернста для электродного потенциала. Окислительно-восстановительные полуреакции. Классификация электродов. Правило Лютера. Ионселективные электроды. Понятие о проблеме вольта и абсолютного скачка потенциала.

Основные понятия электрохимии. Электрохимическая ячейка. Электроды. Классификация электродов.

Классификация электрохимических цепей. Механизм возникновения ЭДС. Термодинамика гальванических цепей. Измерение ЭДС как метод электрохимических исследований.

Адсорбция на границе раздела фаз. Уравнение Гиббса. Определение адсорбции. Поверхностная концентрация. Поверхностный избыток. Образование двойного электрического слоя. Емкость двойного электрического слоя. Связь между емкостью и поверхностным натяжением. Теории строения двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца, теория диффузионного двойного слоя Гуи-Чапмена. Толщина диффузного слоя, ее зависимость от концентрации, распределение потенциала в диффузном слое. Теория Штерна.

Биологические мембраны. Бислойная липидная мембрана. Особенности транспорта ионов и молекул в биологических мембранах. Фотозависимая протонная помпа галобактерий. Функциональные свойства ориентированных пленок пурпурных мембран галобактерий. Пассивный транспорт. Активный транспорт.

Ферментные электроды, биологические мембраны и биоэлектрохимия. Биосенсорика.

Модели энергозависимых процессов в биологических системах. Электрохимия нервного импульса. Роль локальных электрических полей в кинетике биологических процессов. Кинетика активационных процессов в адиабатически неизолированных системах. Мышечная активность. Эффекты экранирования в ионных каналах мембран. Динамическая модель функционирования протонной помпы бактериородопсина.

Модели функционирования АТФазных систем в нативных условиях. Энергозависимый перенос ионов через липидные биослои биологических мембран в условиях антипорта и симпорта. Основные принципы функционирования транспортных систем в биологических мембранах. Биоэнергетика.

Физико-химические аспекты переноса ионов и молекул в синтетических мембранах.

Расчет и измерение электродного потенциала.

Определение изменения термодинамических функций реакции, протекающей в гальваническом элементе Даниеля-Якоби.

Процессы переноса в неоднородных средах. Формулировка граничных условий. Специфика межфазной границы металл-газообразная среда. Эффекты электрической субмикрогетерогенности межфазных границ.

Специфика межфазных границ мембрана-жидкая среда.

### **III ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Потенциометрические методы анализа

Общие закономерности переноса ионов через перфорированные ионообменные мембраны. Особенности структуры сульфокатионитовых мембран. Структурные изменения в перфорированном сополимере в процессе гидролиза (по данным рентгеновского рассеяния). Формирование железосодержащих кластеров в субмикропорах мембран (по данным мессбауэровской спектроскопии).

Особенности баромембранных процессов разделения жидких смесей (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос). Физико-химические основы мембранной дистилляции. Эффекты гидродинамической неустойчивости в примембранных областях жидкой фазы. Прыжковая проводимость мембран в моделях теории протекания. Использование кинетического уравнения Больцмана для описания процессов переноса в мембранах.

Кулонометрические методы анализа

Влияние субмикроструктуры перфорированных мембран на состояние ионов переходных металлов в мембранах (по данным радиоспектроскопии). Состояние молекул воды и ионов в перфорированных мембранах.

Кондуктометрические методы анализа.

Вольтамперометрические методы анализа.

Полярографические методы анализа.

### **СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – СПб.: изд-во Лань, 2015. – 672 с. (10 экз.)

2. Байрамов, В. М. Основы электрохимии / В. М. Байрамов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с. (41 экз.)

3. Неудачина, Л. К. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. – М.: Издательство Юрайт, 2017; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 133 с. – (Серия: Университеты России) (5 экз.)

### **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа призвана помочь студентам в организации самостоятельной работы по освоению дисциплины «Электрохимические методы анализа».

Рекомендации:

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала надо обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, обратитесь к преподавателю по графику его консультаций или на практических занятиях;

- обратить особое внимание на физическую сущность и графическое сопровождение основных рассматриваемых теоретических положений.

- на занятия носить рекомендованную преподавателем литературу;

- обязательно иметь собственный инженерный калькулятор;

- до очередного практического занятия по конспекту (или литературе) проработать теоретический материал, соответствующий теме занятия;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

- иметь при себе конспект лекций;

- решение задачи всегда начинать с выражения, позволяющего получить конечный результат, а затем находить необходимые компоненты для его получения;

- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, в случае затруднений обращаться к преподавателю;

- все расчетные величины должны иметь соответствующую размерность, а форма записи расчетов должна иметь вид – символы, числа, результат. Такая форма записи поможет быстро обнаружить неточность в расчетах и получить правильный результат.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела (темы) дисциплины</b>	<b>Формы/виды самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом</b>
I	Ионы. Растворы электролитов	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Подготовка к контрольной работе Подготовка к зачету	22
II	Электрическая проводимость растворов	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Подготовка к контрольной работе Подготовка к зачету	12
III	Электрохимические методы анализа	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Подготовка к контрольной работе Подготовка к зачету	8
	<b>ИТОГО</b>		<b>42</b>

**5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**План лабораторных работ по дисциплине**

№ п/п	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
I	Ионы. Растворы электролитов	Лабораторная работа 1. Определение активности катионов меди(II) в растворе	4
		Лабораторная работа 2. Определение активности катионов меди(II) в растворе в присутствии биологического объекта	4
		Лабораторная работа 3. Определение произведения растворимости мало-растворимых солей методом потенциометрии	4
		Лабораторная работа 4. Определение значений водородного показателя (рН) водных растворов методом потенциометрии	4
		Лабораторная работа 5. Определение среднего коэффициента активности электролита методом потенциометрии	4
		Лабораторная работа 6. Прямая потенциометрия. Определение рН раствора лекарственного препарата с использованием стеклянного электрода	4
		Лабораторная работа 7. Кислотно-основное потенциометрическое титрование. Определение концентрации соляной кислоты	4
II	Электрическая проводимость растворов	Лабораторная работа 8. Кулонометрическое определение катионов меди(II) в растворе	4
III	Электрохимические методы анализа	Лабораторная работа 9. Определение произведения растворимости мало-растворимой соли методом кондуктометрии	2
	<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>

#### Лабораторный практикум

№ п/п	Тема лабораторной работы	Литература	Вид работы
1	Лабораторная работа 1. Определение активности катионов меди(II) в растворе	[1] Практикум по физической химии / М. И. Гельфман; под ред. М. И. Гельфмана. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – С. 148-149	Лабораторная работа
2	Лабораторная работа 2. Определение активности катионов меди(II) в растворе в присутствии биологического объекта	[1] Практикум по физической химии / М. И. Гельфман; под ред. М. И. Гельфмана. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – С. 148-149	Лабораторная работа
3	Лабораторная работа 3.	[1] Практикум по физической хи-	Лабораторная

	Определение произведения растворимости малорастворимых солей методом потенциометрии	мии / М. И. Гельфман; под ред. М. И. Гельфмана. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – С. 148-149	работа
4	Лабораторная работа 4. Определение значений водородного показателя (рН) водных растворов методом потенциометрии	[2] Растворы электролитов. Электрическая проводимость растворов электролитов. Методическое пособие / В. Е. Катюхин. – Томск: ИПФ ТПУ, 2003. – С. 16-19	Лабораторная работа
5	Лабораторная работа 5. Определение среднего коэффициента активности электролита методом потенциометрии	[3] Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания / С. В. Романенко. – Томск: изд-во ТПУ, 2004. – С. 20-25	Лабораторная работа
6	Лабораторная работа 6. Прямая потенциометрия. Определение рН раствора лекарственного препарата с использованием стеклянного электрода	[3] Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания / С. В. Романенко. – Томск: изд-во ТПУ, 2004. – С. 20-25	Лабораторная работа
7	Лабораторная работа 7. Кислотно-основное потенциометрическое титрование. Определение концентрации соляной кислоты	[1] Практикум по физической химии / М. И. Гельфман; под ред. М. И. Гельфмана. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – С. 136-138, 147-148, 150-152.	Лабораторная работа
8	Лабораторная работа 8. Кулонометрическое определение катионов меди(II) в растворе	[4] Практикум по физической химии / О.А. Бурмистрова, М.Х. Карапетьянц, Г.С. Каретников и др. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 359-360	Лабораторная работа
9	Лабораторная работа 9. Определение произведения растворимости малорастворимой соли методом кондуктометрии	[1] Практикум по физической химии / М. И. Гельфман; под ред. М. И. Гельфмана. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – С. 136-138, 147-148, 150-152.	Лабораторная работа

[1] Жидков, В. В. Электрохимические методы анализа: учебно-методическое пособие для студентов педвузов / В. В. Жидков, И. В. Егорова, Н. А. Родионова. – Благовещенск: Издательство БГПУ, 2022. – 261 с.

[2] Практикум по физической химии: учеб. пособие / М. И. Гельфман. – СПб.: Лань, 2004. – 256 с.

[3] Растворы электролитов. Электрическая проводимость растворов электролитов. Методическое пособие / В. Е. Катюхин. – Томск: ИПФ ТПУ, 2003. – С. 16-19/

[4] Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания / С. В. Романенко. – Томск: изд-во ТПУ, 2004. – С. 20-25/

[5] Практикум по физической химии / О.А. Бурмистрова, М.Х. Карапетьянц, Г.С. Каретников и др. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 359-360.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. (4 часа)  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТИОНОВ МЕДИ(II) В РАСТВОРЕ

Введение. Правила техники безопасности, противопожарной безопасности и правила оказания первой медицинской помощи.

#### **Контрольные вопросы**

1. Введение. Электрохимические методы анализа, классификация электрохимических методов анализа.
2. Электрохимические методы анализа в фармации и химико-фармацевтической промышленности.
3. Правила техники безопасности, противопожарной безопасности и правила оказания первой медицинской помощи.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. (4 часа) ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТИОНОВ МЕДИ(II) В РАСТВОРЕ В ПРИСУТСТВИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов.
2. Теория электролитической диссоциации С. Аррениуса - достоинства и недостатки.
3. Механизмы образования растворов электролитов. Энергия кристаллической решетки.
4. Уравнения Борна, Борна-Майера и Капустинского для вычисления энергии кристаллической решетки, физический смысл входящих в него величин.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. (4 часа) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Процессы сольватации и гидратации ионов, термодинамические характеристики сольватации.
2. Состояние ионов в растворах, «число сольватации».
3. Реальная и химическая энергии сольватации.
4. Энтропия сольватации ионов
5. Энергия кристаллической решетки. Уравнение Борна для вычисления энергии кристаллической решетки и физический смысл входящих в него величин. Уравнение Борна-Майера для расчета энергии кристаллической решетки. Уравнения Капустинского для вычисления энергии кристаллической решетки.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. (4 часа) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ (PH) ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов. Активность и коэффициент активности ионов. Метод активностей Г. Льюиса.
2. Физический смысл рационального коэффициента активности и его математическое выражение. Размерность активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора.

3. Понятия: «средняя ионная активность», «средний ионный коэффициент активности» и «средняя моляльность» электролита.

4. Диэлектрическая проницаемость, дипольный момент и поляризуемость. Способ определения поляризуемости и постоянного дипольного момента газов и чистых растворителей.

5. Молярная и удельная рефракции жидкости и газа. Связь между молярной рефракцией и поляризуемостью. Дебаевское время релаксации.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. (4 ЧАСА)

##### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА АКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов

2. Распределение ионов в растворе электролита и потенциал ионной атмосферы

3. Положения теории Дебая–Хюккеля для сильных электролитов. Уравнение Пуассона, связывающее объемную плотность заряда с потенциалом на расстоянии  $r$  от центрального иона. Модели Дебая–Хюккеля для выражения объемной плотности заряда и локальной концентрации ионов.

4. Ионная атмосфера, ее потенциал и радиус. Ионная сила раствора. Закон Льюиса и Рэндала для ионной силы. Границы применимости Закон Льюиса и Рэндала.

5. Формула расчета энергии взаимодействия центрального иона с ионной атмосферой. Термин «радиус ионной атмосферы», параметры от которых зависит радиус или толщина ионной атмосферы.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. (4 часа)

##### ПРЯМАЯ ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ PH РАСТВОРА ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛЯННОГО ЭЛЕКТРОДА

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

1. Теория Дебая–Хюккеля и коэффициенты активности.

2. Применение теории Дебая–Хюккеля к слабым электролитам и смешанным растворам электролитов.

3. Электрическая подвижность иона. Подвижность иона. Подвижности иона  $\text{H}_3\text{O}^+$  и  $\text{OH}^-$  в водных растворах. Эстафетный механизм перемещения. Правило аддитивности Кольрауша.

4. Коэффициент электропроводности.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. (4 часа)

##### КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Форма отчета. Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Природа электричества.

2. Абсолютная скорость движения ионов в растворах электролитов. Удельная электрическая проводимость.

3. Молярная электрическая проводимость растворов электролитов.

4. Зависимость молярной электрической проводимости растворов электролитов от разведения.

5. Числа переноса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. (4 часа)  
КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ МЕДИ(II) В РАСТВОРЕ

**Форма отчета.** ОТЧЕТ должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Электрохимическая ячейка.
2. Электроды. Классификация электродов.
3. Ферментные электроды, биологические мембраны и биоэлектрохимия. Биосенсорика.
4. Расчет и измерение электродного потенциала.
5. Основные принципы кулонометрии, закон Фарадея.
6. Основные методы кулонометрического анализа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. (2 часа)  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ МАЛОРАСТВОРИМОЙ  
СОЛИ МЕТОДОМ КОНДУКТОМЕТРИИ

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Принцип измерения электропроводности.
2. Прямая кондуктометрия.
3. Вольтамперометрия. Прямая вольтамперометрия.
4. Амперометрическое титрование.
5. Инверсионная вольтамперометрия.
6. Применение методов вольтамперометрии.

**6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ)  
УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА**

**6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций**

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ПК-1	Отчет по лабораторной работе, устный ответ на лабораторном занятии	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения

			или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
ПК-1	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий.  Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	
ПК-5	Отчет по лабораторной работе, устный ответ на лабораторном занятии	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя

			давателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
ПК-5	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты

## 6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

### Критерии оценивания устного ответа на зачете

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, если:

- вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок;
- показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;
- продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков.

Допускаются незначительные ошибки.

**Оценка «не зачтено»** выставляется, если:

- не раскрыто основное содержание учебного материала;
- обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
- допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- не сформированы компетенции, умения и навыки.

### ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы приборов, расчеты, таблицу, графики зависимости, вывод. К лабораторной работе должны быть разобраны вопросы к занятию.

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

### КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Вариант контрольной работы

1. Вычислите энтальпию гидратации фторида лития при 25 °С по термодинамическому циклу, используя следующие значения, кДж·моль<sup>-1</sup>:  $U_c = 1027,3$  при  $T = 0$  К;  $\Delta H_{\text{раст}} = 4,60$ ;  $0^{298} \int C_{p(T)} dt = 6,6$ .

Ответ:  $-1028,5$  кДж/моль.

2. Рассчитайте значения молярной рефракции и поляризуемости диоксида углерода(IV), используя величину показателя преломления  $n = 1,0004506$  при  $T = 273$  К,  $p = 1$  атм, и сравните полученное значение  $R_m$  с постоянной  $b$  уравнения Ван-дер-Ваальса.

Ответ:  $R_M = 6,73 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль;  $\alpha = 2,97 \cdot 10^{-40}$  Кл·м<sup>2</sup>/В.

3. Определите коэффициенты активности отдельных ионов и средний коэффициент активности сульфата цинка в  $10^{-3}m$  водном растворе при 298 К.

Ответ:  $f_{Zn^{2+}} = f_{(SO_4)^{2-}} = f_{\pm} = 0,859$ .

4. Вычислите для растворов 1,1-валентных электролитов при 298 К концентрации в хлороформе и метаноле, отвечающие границе применимости предельного закона Дебая-Хюккеля.

Ответ:  $5,2 \cdot 10^{-6}$  М;  $1,7 \cdot 10^{-3}$  М.

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Введение. Электрохимические методы анализа, классификация электрохимических методов анализа.
2. Электрохимические методы анализа в фармации и химико-фармацевтической промышленности
3. Правила техники безопасности, противопожарной безопасности и правила оказания первой медицинской помощи.
4. Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов
5. Распределение ионов в растворе электролита и потенциал ионной атмосферы
6. Процессы сольватации и гидратации ионов, термодинамические характеристики сольватации.
7. Состояние ионов в растворах, «число сольватации».
8. Реальная и химическая энергии сольватации.
9. Энтропия сольватации ионов
10. Диэлектрическая проницаемость, дипольный момент и поляризуемость. Способ определения поляризуемости и постоянного дипольного момента газов и чистых растворителей.
11. Молярная и удельная рефракции жидкости и газа. Связь между молярной рефракцией и поляризуемостью. Дебаевское время релаксации.
12. Термодинамическое описание равновесий в растворах электролитов
13. Распределение ионов в растворе электролита и потенциал ионной атмосферы
14. Теория Дебая-Хюккеля и коэффициенты активности.
15. Применение теории Дебая-Хюккеля к слабым электролитам и смешанным растворам электролитов.
16. Природа электричества.
17. Абсолютная скорость движения ионов в растворах электролитов. Удельная электрическая проводимость.
18. Молярная электрическая проводимость растворов электролитов.
19. Зависимость молярной электрической проводимости растворов электролитов от разведения.
20. Числа переноса
21. Электрохимическая ячейка.
22. Электроды. Классификация электродов.
23. Ферментные электроды, биологические мембраны и биоэлектрохимия. Биосенсорика.
24. Расчет и измерение электродного потенциала.
25. Принцип, электроды и приборы потенциометрического анализа.
26. Методы потенциометрического анализа.
27. Основные принципы кулонометрии, закон Фарадея.
28. Основные методы кулонометрического анализа.
29. Принцип измерения электропроводности.
30. Прямая кондуктометрия.
31. Вольтамперометрия. Прямая вольтамперометрия.
32. Амперометрическое титрование.
33. Инверсионная вольтамперометрия.
34. Применение методов вольтамперометрии.
35. Полярография. Полярографический метод.
36. Сопутствующие электротокки.
37. Полярографические методы анализа.

### Тест

**Вопрос № 1.** В каком электрохимическом методе не учитывается строение двойного электрического слоя?

- а) кулонометрия;
- б) потенциометрия;
- в) вольтамперометрия;
- г) высокочастотное титрование.

**Вопрос № 2.** Какой закон используется для расчета массы определяемого вещества в кулонометрическом анализе?

- а) закон Ома;
- б) закон эквивалентности;
- в) закон действующих масс;
- г) закон Фарадея.

**Вопрос № 3.** Из раствора сульфата меди необходимо электролизом выделить 10,0 г меди. Какое количество электричества и сколько времени для этого потребуется, если электролиз проводится при постоянной силе тока 10,0 А?

- а) 3,04 10<sup>4</sup> Кл; 0,84 ч;
- б) 3,04 10<sup>4</sup> Кл; 164 с;
- в) 3,04 10<sup>2</sup> Кл; 0,84 ч;
- г) 2,26 10<sup>4</sup> Кл; 507 с.

**Вопрос № 4.** Найдите определения, которые не соответствуют методу кулонометрического титрования:

- а) метод обладает высокой точностью и чувствительностью;
- б) измерения проводятся при постоянном потенциале рабочего электрода;
- в) при выполнении анализа титрант электрогенерируется на рабочем электроде из вспомогательного раствора;
- г) расчет количества электричества проводится по формуле:  $Q = \int I \cdot dt$ .

**Вопрос № 5.** Как определяется количество электричества в кулонометрическом титровании?

- а) рассчитывают интеграл  $Q = \int I \cdot dt$ ;
- б) умножают величину тока на время электролиза;
- в) рассчитывают по формуле  $Q = I_0 / (2,3 \lg \alpha)$ ;
- г) измеряют ток в течение всего процесса электролиза и рассчитывают интеграл, соответствующий площади, ограниченной кривой и осями координат.

**Вопрос № 6.** Какие процессы обуславливают возникновение аналитического сигнала в кондуктометрии?

- а) диссоциация молекул на ионы;
- б) поляризация электродов;
- в) миграция ионов под действием внешнего источника тока;
- г) электрохимическая реакция.

**Вопрос № 7.** Какие ионы обладают наибольшей подвижностью и почему?

- а) Н<sup>+</sup>, благодаря минимальной массе, размеру и эстафетному механизму переноса;
- б) ОН<sup>-</sup>, благодаря небольшой массе, размеру и эстафетному механизму переноса;
- в) К<sup>+</sup>, так как это катион щелочного металла;
- г) Са<sup>2+</sup>, так как это двухзарядный ион.

**Вопрос № 8.** В каком виде анализа чаще всего используются электрохимические методы?

- а) количественный анализ;
- б) качественный анализ;
- в) фазовый анализ;
- г) молекулярный (функциональный).

**Вопрос № 9.** Какая характеристика не пригодна для индикаторного электрода в потенциометрических методах анализа?

- а) электрод должен быть химически устойчив;
- б) электрод должен иметь минимальное время отклика;

- с) электрод должен быть легко поляризуем;
- г) потенциал электрода должен зависеть от концентрации анализируемых ионов.

**Вопрос № 10.** Выберите две формулы, соответствующие уравнению Нернста для электродного потенциала.

- а)  $E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} + RT/(nF) \cdot \ln a_{\text{ox}}/a_{\text{red}}$ ;
- б)  $E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} - RT/(nF) \cdot \ln a_{\text{ox}}/a_{\text{red}}$ ;
- в)  $E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} + 0,059/n \cdot \lg a_{\text{ox}}/a_{\text{red}}$ ;
- г)  $E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} + RT/(nF) \cdot \ln a_{\text{ox}}$ ;
- д)  $E_{\text{ox/red}} = E^0_{\text{ox/red}} + RT/(nF) \cdot \ln a_{\text{red}}/a_{\text{ox}}$ .

**Вопрос № 11.** Чему равна ЭДС гальванического элемента  $\text{Pb} \mid 0,1 \text{ м PbSO}_4 \parallel 0,1 \text{ м CuSO}_4 \mid \text{Cu}$  при  $T = 298 \text{ К}$ , если  $E^0_{\text{Pb/Pb}^{2+}} = -1,20 \text{ В}$ ;  $E^0_{\text{Cu/Cu}^{2+}} = 0,52 \text{ В}$ ?

- а)  $-1,78 \text{ В}$ ;
- б)  $+1,78 \text{ В}$ ;
- в)  $+2,87 \text{ В}$ ;
- г)  $-2,87 \text{ В}$ .

**Вопрос № 12.** Какие электроды используются в электрохимической ячейке для потенциометрического титрования?

- а) два неполяризуемых электрода - индикаторный и электрод сравнения;
- б) два идентичных электрода;
- в) один индикаторный электрод;
- г) три электрода - поляризуемый индикаторный, электрод сравнения и вспомогательный электрод.

**Вопрос № 13.** Согласно классификации по принципу действия к какой группе электродов относится стеклянный электрод? а) инертные электроды;

- б) ионообменные электроды;
- в) окислительно-восстановительные электроды;
- г) электронообменные электроды.

**Вопрос № 14.** В каких координатах может быть построена кривая потенциометрического титрования?

- а) рН от концентрации;
- б) Е ячейки от объема титранта;
- в) Е ячейки от концентрации;
- г) рН от объема титранта;
- д)  $\Delta \text{рН}/\text{рН}$  от объема титранта.

**Вопрос № 15.** Какой электрод нельзя использовать в качестве индикаторного при измерении рН?

- а) водородный;
- б) каломельный;
- в) стеклянный;
- г) хингидронный.

**Вопрос № 16.** С какой целью строятся кривые потенциометрического титрования?

- а) для правильного выбора индикатора;
- б) для определения рН в точке эквивалентности;
- в) для определения эквивалентного объема титранта;
- г) для определения разности потенциалов между электродами ячейки в точке эквивалентности.

**Вопрос № 17.** Какое утверждение не выполняется для электродов первого рода?

- а) они обладают электронной проводимостью;
- б) на их межфазной поверхности протекает реакция ионного обмена;
- в) на их межфазной границе протекают полуреакции окисления или восстановления;
- г) они обратимы по отношению к катионам металлов.

**Вопрос № 18.** Какое из приведенных уравнений является уравнением Нернста для стеклянного электрода?

- а)  $E = E^0_{Me^{n+}/Me^0} + 0,059 \cdot \lg a_{Me^{n+}}$ ;
- б)  $E = \text{const} + 0,059 \cdot \lg a_{H^+}$ ;
- в)  $E = \text{const} - 0,059 \cdot \lg a_{H^+}$ ;
- г)  $E = \text{const} - 0,059 \cdot pH$ .

**Вопрос № 19.** Какой электрохимический метод анализа не требует приготовления эталонных (стандартных) растворов?

- а) прямая кондуктометрия;
- б) кулонометрия;
- в) высокочастотное титрование;
- г) потенциометрия.

**Вопрос № 20.** Как обеспечивается 100%-й выход по току в методе прямой кулонометрии?

- а) поддерживается постоянная сила тока в цепи;
- б) вводится избыток вспомогательного реагента, что нивелирует изменение потенциала рабочего электрода при электролизе;
- в) контролируется и поддерживается постоянное значение потенциала рабочего электрода, выбранное по поляризационным кривым;
- г) проводится предварительное разделение компонентов анализируемого раствора, чтобы исключить протекание побочных реакций.

**Вопрос № 21.** Какие электроды можно использовать для потенциометрического титрования раствора КОН?

- а) хлорсеребряный и платиновый;
- б) стеклянный и хлорсеребряный;
- в) медный и каломельный;
- г) стеклянный и каломельный.

**Вопрос № 22.** Какой кондуктометрический метод может быть использован для анализа высокоагрессивных растворов (концентрированных кислот или щелочей)?

- а) прямая кондуктометрия;
- б) высокочастотное титрование;
- в) кондуктометрическое титрование.

### 6.3.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПК-1

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильного ответа)
Задания закрытого типа с выбором одного правильного ответа (1 – 4)	1, 2, 3, 4	1 балл	1 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи
Задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (2	5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть

из 4 )			любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
Задания закрытого типа на установление соответствия (3 на 3 и 4 на 4 )	8, 9, 10	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
Задания закрытого типа на установление последовательности	11, 12, 13	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
Задания открытого типа с кратким ответом	14, 15	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи

<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Индикаторы сформированности компетенции</b>
<b>ПК-1.</b> Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ПК-1.1. Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.</li> <li>• ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности</li> <li>• ПК-1.3. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин</li> </ul>

**Тест 1. по дисциплине  
«ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»**

**1. Какой процесс описывает взаимодействие ионов с молекулами растворителя с образованием сольватной оболочки?**

- 1) Электролиз.
- 2) Миграция.
- 3) Сольватация.
- 4) Ассоциация.

Ответ: 3

**2. Что характеризует величина «диэлектрическая проницаемость» среды?**

- 1) Её способность проводить электрический ток.
- 2) Её способность ослаблять электростатическое взаимодействие между зарядами.
- 3) Её способность к поляризации света.
- 4) Её вязкость.

Ответ: 2

**3. В чем заключается сущность кондуктометрического метода анализа?**

- 1) Измерение потенциала индикаторного электрода.
- 2) Измерение электрической проводимости анализируемого раствора.
- 3) Измерение количества электричества, затраченного на электрохимическую реакцию.
- 4) Измерение зависимости тока от приложенного потенциала.

Ответ: 2

**4. Какая физическая величина характеризует поляризуемость вещества и определяется уравнением Лоренц-Лоренца?**

- 1) Дипольный момент.
- 2) Диэлектрическая проницаемость.
- 3) Молярная рефракция.
- 4) Удельная проводимость.

Ответ: 3

**5. Какие экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов вы знаете? (Выберите два правильных ответа)**

- 1) Электропроводность растворов.
- 2) Испарение раствора.
- 3) Электролиз.
- 4) Нагревание раствора.

Ответ: 1, 3

**6. Какие из перечисленных величин являются термодинамическими характеристиками сольватации иона? (Выберите два правильных ответа)**

- 1) Скорость движения иона.
- 2) Энтальпия сольватации ( $\Delta H_{\text{solv}}$ ).
- 3) Число переноса.
- 4) Энергия Гиббса сольватации ( $\Delta G_{\text{solv}}$ ).

Ответ: 2, 4

**7. Какие из перечисленных электродов являются обратимыми? (Выберите три правильных ответа)**

- 1) Хлорсеребряный ( $\text{Ag}/\text{AgCl}/\text{Cl}^-$ ).
- 2) Медный ( $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$ ).
- 3) Платиновый в растворе  $\text{HCl}$ .
- 4) Каломельный ( $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ ).

Ответ: 1, 2, 4

**8. Установите соответствие между типом электрода и его описанием.**

- 1) Электрод 1-го рода : А) Металл, погруженный в раствор собственных ионов (напр.,  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ).
- 2) Электрод 2-го рода : Б) Металл, покрытый труднорастворимой солью этого металла и погруженный в раствор аниона этой соли (напр.,  $\text{Ag}/\text{AgCl}/\text{Cl}^-$ ).
- 3) Ионоселективный электрод (ИСЭ) : В) Электрод, потенциал которого зависит от активности определенного иона благодаря наличию мембраны.
- 4) Индифферентный (инертный) электрод : Г) Pt, погруженный в раствор, содержащий окисленную и восстановленную формы.

**9. Установите соответствие между методом анализа и измеряемым параметром.**

1. Потенциометрия : А) ЭДС или потенциал (E).
2. Кондуктометрия : Б) Электропроводность ( $\chi$ ,  $\Lambda$ ).
3. Кулонометрия : В) Количество электричества (Q).
4. Вольтамперометрия : Г) Зависимость тока (I) от потенциала (E).

**10. Установите соответствие между понятием и его определением.**

1. Удельная электрическая проводимость ( $\chi$ ) : А) Проводимость раствора между двумя параллельными электродами площадью  $1 \text{ м}^2$  на расстоянии  $1 \text{ м}$ .
2. Молярная электрическая проводимость ( $\Lambda$ ) : Б) Проводимость объема раствора, содержащего  $1 \text{ моль}$  электролита при расстоянии между электродами  $1 \text{ м}$ .
3. Число переноса ( $t^+$ ,  $t^-$ ) : В) Доля тока, переносимая данным видом ионов.
4. Абсолютная скорость движения иона (u) : Г) Скорость движения иона в поле с напряженностью  $1 \text{ В/м}$ .

**11. Установите последовательность увеличения молярной электрической проводимости ( $\Lambda$ ) для растворов электролитов одинаковой концентрации.**

- А) Слабый электролит (уксусная кислота).
- Б) Сильный электролит (KCl).
- В) Сильный электролит ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**12. Расположите растворы в порядке увеличения коэффициента активности ( $\gamma_{\pm}$ ) при одной и той же ионной силе согласно теории Дебая-Хюккеля.**

- А) Раствор 2-2 валентного электролита ( $\text{MgSO}_4$ ).
- Б) Раствор 2-1 валентного электролита ( $\text{CaCl}_2$ ).
- В) Раствор 1-1 валентного электролита (NaCl).

**13. Установите последовательность увеличения степени диссоциации ( $\alpha$ ) слабого электролита (при одной температуре).**

- А) Концентрированный раствор.
- Б) Раствор с добавлением индифферентного сильного электролита (солевой эффект).
- В) Разбавленный раствор.

**14. Назовите два основных фактора, от которых зависит молярная электрическая проводимость сильного электролита при бесконечном разведении ( $\Lambda_0$ ).**

Ответ: Природа иона (размер, заряд) и природа растворителя (вязкость, температура).

**15. Какое фундаментальное положение теории Дебая-Хюккеля объясняет понижение активности ионов в растворе?**

Ответ: Существование вокруг каждого иона ионной атмосферы противоположного заряда, которая экранирует его и снижает его эффективную концентрацию (активность).

### 6.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПК-5

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильного ответа)
Задания закрытого типа с выбором одного правильного ответа (1 – 4)	1, 2, 3, 4	1 балл	1 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи
Задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (2 из 4)	5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
Задания закрытого типа на установление соответствия (3 на 3 и 4 на 4)	8, 9, 10	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи

Задания закрытого типа на установление последовательности	11, 12, 13	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
Задания открытого типа с кратким ответом	14, 15	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
<b>ПК-5.</b> Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения под руководством специалистов более высокой квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ПК-5.1. Выбирает методы и средства контроля качества, сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения на соответствие требуемой нормативной документации</li> <li>• ПК-5.2. Выполняет стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.</li> <li>• ПК-5.3. Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме</li> <li>• ПК-5.4. Осуществляет контроль точности аналитического оборудования на соответствие требуемой нормативной документации</li> </ul>

**Тест 2. по дисциплине  
«ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»**

**1. Электрическая проводимость раствора электролита обусловлена:**

- 1) движением молекул растворителя
- 2) движением только катионов
- 3) упорядоченным движением ионов
- 4) движением электронов

Ответ: 3

**2. Активность иона в растворе – это:**

- 1) его концентрация в молях на литр
- 2) эффективная концентрация, учитывающая электростатические взаимодействия
- 3) степень диссоциации электролита

4) величина, обратная коэффициенту активности

Ответ: 2

**3. Теория Дебая-Хюккеля справедлива для:**

1) концентрированных растворов сильных электролитов

2) идеальных растворов

3) разбавленных растворов сильных электролитов

4) растворов слабых электролитов любой концентрации

Ответ: 3

**4. Электрод, потенциал которого зависит от активности (концентрации) иона в растворе и описывается уравнением Нернста, называется:**

1) электродом сравнения

2) индикаторным электродом

3) вспомогательным электродом

4) поляризуемым электродом

Ответ: 2

**5. Какие из перечисленных факторов влияют на величину молярной электрической проводимости сильного электролита? (Выберите два правильных ответа)**

1) природа ионов (размер, заряд)

2) начальная концентрация раствора

3) температура

4) материал электродов

Ответ: 1, 3

**6. Для выполнения кондуктометрического титрования необходимо: (Выберите два правильных ответа)**

1) использовать индикаторный электрод, селективный к определяемому иону

2) измерять изменение электропроводности раствора в процессе титрования

3) знать точную концентрацию титранта

4) проводить измерение при постоянном напряжении на электродах

Ответ: 2, 3

**7. Коэффициент активности электролита в растворе можно определить с помощью: (Выберите два правильных ответа)**

1) измерения электропроводности

2) измерения ЭДС гальванического элемента

3) титрования по кислотно-основному признаку

4) измерения показателя преломления

Ответ: 1, 2

**8. Установите соответствие между методом анализа и измеряемым параметром:**

1. Потенциометрия : А) Потенциал индикаторного электрода

2. Кулонометрия : Б) Количество электричества, затраченное на электролиз

3. Кондуктометрия : В) Электрическая проводимость раствора

4. Вольтамперометрия : Г) Сила тока от потенциала на рабочем электроде

**9. Установите соответствие между понятием и его определением:**

1. Сольватация : А) Процесс взаимодействия иона с молекулами растворителя
2. Диэлектрическая проницаемость : Б) Мера способности среды ослаблять электростатическое взаимодействие
3. Число переноса : В) Доля тока, переносимая данным видом ионов
4. Поляризуемость : Г) Способность частицы образовывать наведенный дипольный момент

**10. Установите соответствие между термином и его описанием в теории Дебая-Хюккеля:**

1. Ионная атмосфера : А) Усредненная характеристика электростатического поля в растворе
2. Радиус ионной атмосферы (длина Дебая) : Б) Мера толщины экранирующего облака вокруг центрального иона
3. Ионная сила раствора : В) Параметр, определяющий интенсивность межионного взаимодействия

**11. Установите последовательность этапов при выполнении потенциометрического титрования для контроля качества продукции:**

- А) Подготовка и калибровка рН-метра со стеклянным электродом
- Б) Взятие навески анализируемого образца
- В) Титрование с фиксацией значений потенциала после каждой порции титранта
- Г) Построение кривой титрования и определение точки эквивалентности
- Д) Составление протокола испытаний по форме

**12. Установите последовательность операций по подготовке к кондуктометрическим измерениям на типовом оборудовании (кондуктометре):**

- А) Проверка состояния платиновых электродов ячейки
- Б) Калибровка прибора с использованием стандартного раствора КСl известной проводимости
- В) Установка кондуктометрической ячейки в термостат
- Г) Ополаскивание ячейки анализируемым раствором

**13. Установите последовательность событий при миграции иона в растворе под действием внешнего поля:**

- А) На ион действует сила со стороны электрического поля
- Б) Ион движется в растворе, преодолевая сопротивление среды
- В) Ион испытывает электрофоретическое и релаксационное торможение
- Г) Ион достигает электрода

**14. Как называется величина, численно равная молярной электрической проводимости при бесконечном разведении, когда каждый ион движется независимо от других?**

Ответ: Предельная молярная электрическая проводимость ( $\lambda_{\infty}$ )

**15. Как называется метод анализа, основанный на измерении количества электричества, необходимого для полного электролиза определяемого вещества?**

Ответ: Кулонометрия

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкции о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все обучающиеся учатся в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

## **9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **9.1 Литература**

## Основная литература

1. Жидков, В. В. Электрохимические методы анализа: учебно-методическое пособие для студентов педвузов / В. В. Жидков, И. В. Егорова, Н. А. Родионова. – Благовещенск: Издательство БГПУ, 2022. – 261 с.
2. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – СПб.: изд-во Лань, 2015. – 672 с. (10 экз.)
3. Байрамов, В. М. Основы электрохимии / В. М. Байрамов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с. (41 экз.)
4. Неудачина, Л. К. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. – М.: Издательство Юрайт, 2017; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 133 с. – (Серия: Университеты России) (5 экз.)

## Дополнительная литература

1. Практикум по физической химии: учеб. пособие / М. И. Гельфман. – СПб.: Лань, 2004. – 256 с.
2. Растворы электролитов. Электрическая проводимость растворов электролитов. Методическое пособие / В. Е. Катюхин. – Томск: ИПФ ТПУ, 2003. – С. 16-19/
3. Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания / С. В. Романенко. – Томск: изд-во ТПУ, 2004. – С. 20-25/
4. Практикум по физической химии / О.А. Бурмистрова, М.Х. Карапетьянц, Г.С. Каретников и др. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 359-360.
5. Балезин, С.А. Практикум по физической и коллоидной химии / С.А. Балезин. – М.: Просвещение, 1980. – 271 с. (21 экз.)
6. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 407 с. (34 экз.)
7. Ипполитов, Е. Г. Физическая химия / Е. Г. Ипполитов, А. В. Артемов, В. В. Батраков. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 448 с. (24 экз.)
8. Задачи по физической химии / В. В. Еремин, С. И. Карпов, И. А. Успенская, Н. Е. Кузьменко, В. В. Лунин. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 318 с. (57 экз.)
9. Практические работы по физической химии / Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. – М.: Изд-во «Профессия», 2002. – 384с. (43 экз.)
10. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 133 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-10912-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/493515>

## 9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

1. XuMuK.ru <http://www.xumuk.ru>
2. Электронная библиотека по химии <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>
3. Портал научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

## 9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник <https://polpred.com/news>
2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащенные учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для

выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется:

**Ауд. 445 «А». Лаборатория физической химии**

- Стол лабораторный 2-мест. (10 шт.)
- Стул (20 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул преподавателя (1 шт.)
- Пюпитр (1 шт.)
- Аудиторная доска (1 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (3 шт.)
- 8 - портовый коммутатор D-Link для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ (1 шт.)
- Мультимедийный проектор SHARP -10 X (1 шт.)
- Принтер лазерный «CANON» (2 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- ЯМР-спектрометр низкого разрешения «Спин Трэк» (1 шт.)
- Аквадистиллятор ДЭ-10 (1 шт.)
- Весы GF-300 (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (1 шт.)
- Вискозиметр (4 шт.)
- Иономер (3 шт.)
- Кондуктометр анион-4120 (3 шт.)
- КФК-2 (1 шт.)
- Люксмер (1 шт.)
- Мешалка магнитная П-Э-6100 (2 шт.)
- Модуль «Термический анализ» (3 шт.)
- Модуль «Термостат» (3 шт.)
- Модуль «Универсальный контроллер» (3 шт.)
- Модуль «Электрохимия» (3 шт.)
- Модуль универсальный (6 шт.)
- Набор сит КП-131 (1 шт.)
- Поляриметр (1 шт.)
- Потенциометр (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-8 (с ротором) (1 шт.)
- Штатив для электродов (2 шт.)
- Эксикатор с краном (1 шт.)
- Модуль «Общелабораторный» (1 шт.)
- Спектрофотометр (1 шт.)
- Спектрофотометр КФК-3КМ (1 шт.)
- Комплект ариометров (1 шт.)
- Метроном (1 шт.)
- Мост реохордный с сосудом
- Термостат ТС-1/80 СПУ (1 шт.)
- Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Электрохимические методы анализа»
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

Разработчик: Жидков В.В., кандидат химических наук, доцент кафедры химии.

## **11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2024/2025 уч. г.**  
РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024/2025 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 30 мая 2024 г.).

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.**  
РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.).