

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт химии и биологии**

**Кафедра неорганической и физической химии**

**СОГЛАСОВАНО**  
**Руководитель образовательной  
программы**

\_\_\_\_\_ **Кушхов Х.Б.**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ **2022г.**

**Утверждаю**  
**Директор ИХиБ**

\_\_\_\_\_ **Бажева Р.Ч.**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ **2022г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**«Б1.В.ДВ.01.02 Электрохимические процессы»**

**04.04.01 - Химия**

(код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки

Электрохимия

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

«Магистр»

Форма обучения

**очная**

Нальчик 2022 г.

Рабочая программа дисциплины «Электрохимические процессы»  
Составитель Х.Б. Кушхов – Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2022. – 23 с.

Программа соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования и Примерной основной образовательной программе.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки магистров 04.04.01 - Химия по профилю «Электрохимия» в 1-м семестре.

Рабочая программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.01. Химия (Электрохимия), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23.09.2015 № 1042.

## **1. Цель и задачи освоения дисциплины**

### *Цели освоения дисциплины «Электрохимические системы»*

следующие:

- создать научную базу в области теоретической электрохимии как основу решения прикладных вопросов технической электрохимии.
- научить студентов использовать законы и закономерности, анализировать области их применения, дать общие сведения о равновесии и неравновесных явлениях в растворах электролитов, ознакомить с современными основами электрохимической термодинамики, дать информацию о моделях двойного электрического слоя и показать его роль в электрохимической кинетике, представить основные положения кинетики электродных процессов.
- дать научные основы основных направлений технической электрохимии.

*Задачи дисциплины –*

- сформировать базовые знания и основные понятия электрохимии, представления о ее фундаментальных законах и основных методах. Обобщить и систематизировать знания, включающие термодинамику и кинетику электрохимических процессов.
- раскрыть роль электрохимических явлений в природе, сформулировать основные задачи теорий электрохимии, установить область их применимости, описать их структурные элементы и понятия;
- рассмотреть основные экспериментальные закономерности электрохимических явлений, принципы построения теорий электрохимии на их основе, структуру и математическую форму основных уравнений, описывающих электрохимические явления, особенности их использования в различных условиях;
- рассмотреть основные методы экспериментального и теоретического исследования электрохимических явлений, использование электрохимических явлений в современных технологиях;

- установить область применимости моделей, применяемых в электрохимии, рассмотреть способы вычисления физико-химических величин, характеризующих явления; обеспечить овладение методологией физико-химических исследований.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02. «Электрохимические системы» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП для изучения в 1-м семестре магистрантами очной формы обучения направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия).

Дисциплина «Электрохимические системы» содержательно взаимосвязана с дисциплинами общенаучного и профессионального цикла «Принципы конструирования и работы электрохимической аппаратуры», «Компьютерные технологии в науке и образовании», «Высокотемпературная электрохимия», «Научно-исследовательская работа и практика».

Дисциплина позволит расширить теоретическую подготовку магистра, получить практические навыки по методам исследования электрохимических процессов.

Освоение основных положений данной дисциплины необходимо для прохождения преддипломной практики и написания выпускной магистерской работы.

## **3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (уровень высшего образования) подготовки кадров высшей квалификации направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия):

владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов (З1);
- **Уметь:** - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании (У1);
- **Владеть:** - теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании (В1).

#### 4. Содержание и структура дисциплины

Таблица 1. Содержание дисциплины (модуля) «Электрохимические системы»

№ п/п	Наименование раздела/ темы	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4 <sup>1</sup>
1.	Введение	Место электрохимии в науке. Мотивация курса. Цель и основные задачи курса. Историческая справка. Основные разделы теоретической электрохимии и направления прикладной электрохимии. Понятие об электрохимических процессах в сопоставлении с химическими процессами. Электрохимическая цепь и варианты её работы. Предмет, задачи и методы электрохимии. Основные законы, закономерности и принципы.	К РК Т презентации
2.	Равновесные и неравновесные явления в растворах электролитов	Этапы развития. Основные положения, достоинства, недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса. Современные представления о механизмах образования растворов электролитов. Энергия кристаллической решетки. Метод термодинамического цикла. Энергия сольватации и модели для ее определения Борна-Уэбба, Ван-Аркеля и де-Бура, Эли-Эванса. Сравнение с расчетом по термодинамическому циклу. Причины устойчивости растворов электролитов. Термодинамическая теория ион-ионного взаимодействия. Активность и коэффициент активности. Средний коэффициент активности и его связь с коэффициентами активности отдельных ионов. Понятие о прямых и косвенных методах определения коэффициентов активности. Основные положения теории Дебая-Гюккеля. Уравнение для	ПЗ К РК Т

<sup>1</sup> В графе 4 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

		<p>коэффициента активности в первом приближении теории. Второе и третье приближение теории. Сопоставление с опытом. Понятие о современных подходах к описанию термодинамических свойств растворов электролитов. Классификация явлений. Электропроводность удельная, молярная и эквивалентная. Зависимость их от концентрации электролита. Числа переноса и методы их определения. Классическая теория электропроводности. Правило Вальдена-Писаржевского. Зависимость ионной электропроводности от радиуса иона и температуры раствора. Основные положения теории Дебая-Онзагера. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Влияние концентрации раствора на подвижность ионов и электропроводность. Аномалии электропроводности. Эффекты Вина и дисперсии электропроводности. Аномально высокая проводимость <math>H^+</math> и <math>OH^-</math>. Электропроводность неводных растворов. Растворы, содержащие сольватированные электроны. Расплавы. Твердые электролиты.</p>	
3.	Термодинамика электрохимических цепей	<p>Понятие электрохимического потенциала. Классификация скачков потенциала на границах вакуум- фаза и раздела фаз. Условие электрохимического равновесия. Термодинамический вывод уравнения для равновесного гальвани-потенциала на границах раздела металл-металл и металл-раствор. Электродный потенциал. Водородная шкала. Электроды 1-го, 2-го рода, окислительно-восстановительные, газовые, ионселективные.</p> <p>Электрохимические цепи: физические, концентрационные (1-го и 2-го рода), химические (простые, сложные, сдвоенные и с полупроницаемыми мембранами).</p>	ПЗ К РК Т

		Понятие о биполярных электродах.	
4.	Строение двойного электрического слоя	Процессы, связанные с образованием границы фаз. Электрокинетические и электрокапиллярные явления. Электрометр Гуи. Электрокапиллярная кривая и ее зависимость от состава раствора. Основное уравнение электрокапиллярности. 1-ое и 2-ое уравнение Липпмана. Нулевые точки металлов. $\phi$ - шкала Антропова. Модели двойного электрического слоя Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Их достоинства и недостатки.	ПЗ К РК Т
5.	Кинетика электродных процессов	Признаки равновесной и неравновесной систем. Законы Фарадея. Отклонения от законов. Выход по току. Кулонометрия. Поляризация электродов и ее причины. Понятие о стадийности электрохимических процессов. Виды поляризации. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Диффузионная кинетика. Основные уравнения. Строение приэлектродного слоя. Влияние перемешивания. Теория диффузионного перенапряжения Нернста-Бруннера на плоском электроде. Понятие о вращающемся дисковом электроде. Основы полярографии. Уравнение полярографической волны. Уравнение Ильковича для мгновенного и среднего токов. Причины искажения полярограмм. Полярографические максимумы. Электрохимическая кинетика. Уравнение для скорости в теории замедленного разряда. Понятие о теории реорганизации растворителя. Коэффициент переноса. Ток обмена и перенапряжение. Уравнение поляризационной кривой и его частные случаи при большом и малом перенапряжении. Основные закономерности электровосстановления ионов гидроксония.	ПЗ К РК Т
6.	Прикладная электрохимия	Электрохимическая коррозия металлов и методы защиты.	ПЗ К

	Химические источники тока. Основные типы. Понятие об электрокатализе и биокатализе. Электрохимическая размерная обработка. Хемотроника. Типы хемотронов. Электрохимическое производство продуктов (хлора, водорода, щелочей). Электролиз воды и его виды. Производство окислителей и органических продуктов. Электрометаллургия. Гальванотехника. Электрохимические методы анализа. Электрохимия и охрана среды. Основные направления развития электрохимии. Оценка роли электрохимии в научно-техническом прогрессе.	РК Т
--	---	---------

На изучение курса отводится 144 часа (4 з.е.), из них: контактная работа 68 ч., в том числе лекционных – 34 часа; практических (семинарских) – 34 часа; самостоятельная работа студента – 49 часов; завершается экзаменом (27 часов).

Структура дисциплины (модуля) «Электрохимические системы»

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа)

Вид работы	Трудоемкость, часов / зачетных единиц	
	1 семестр	всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
<b>Самостоятельная работа (в часах):</b>	<b>49</b>	<b>49</b>
Самостоятельное изучение разделов	25	25
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	24	24
Подготовка и прохождение		



промежуточной аттестации	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

*Таблица 3. Лекционные занятия*

№ п/п	Тема
1	Введение. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть основные представления и понятия электрохимической кинетики.
2	Равновесные и неравновесные явления в растворах электролитов <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить стационарные потенциостатические и гальваностатические измерения.
3	Термодинамика электрохимических цепей. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить электродные потенциалы и электрохимические цепи
4	Строение двойного электрического слоя. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить строение двойного электрического слоя
5	Кинетика электродных процессов. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – определение кинетических параметров электродного процесса различными методами
6	Прикладная электрохимия. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть основные направления развития электрохимии и оценить роль электрохимии в научно-техническом прогрессе.

*Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)*

№ п/п	Тема
1.	Основные разделы теоретической электрохимии и направления прикладной электрохимии. Понятие об электрохимических процессах в сопоставлении с химическими процессами.
2.	Термодинамическая теория ион-ионного взаимодействия. Основные положения теории Дебая-Гюккеля.
3.	Классическая теория электропроводности. Правило Вальдена-Писаржевского.
4.	Понятие электрохимического потенциала. Электрохимические цепи: физические, концентрационные (1-го и 2-го рода), химические (простые, сложные, сдвоенные и с полупроницаемыми мембранами). Понятие о биполярных электродах.
5.	Электрокинетические и электрокапиллярные явления.
6.	Поляризация электродов и ее причины. Понятие о стадийности электрохимических процессов. Виды поляризации. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Диффузионная кинетика.
7.	Электрохимическая коррозия металлов и методы защиты. Химические источники тока. Основные типы. Понятие об электрокатализе и биокатализе. Хемотроника

*Таблица 5. Лабораторные работы по дисциплине (модулю) - не предусмотрены*

*Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)*

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</b>
1	Электрохимический синтез органических соединений. Восстановление кратных углеродных связей, функциональных групп. Анодное окисление, замещение и присоединение.
2	Примеры промышленного использования электросинтеза органических веществ.
3	Электрохимическое производство химических продуктов. Производство водорода и кислорода. Производство Тяжелой воды. Электрохимический синтез неорганических соединений. Производство хлорсодержащих веществ. Производство перекиси водорода. Производство перманганата калия.
4	Гидроэлектрометаллургия Область применений.
5	Подготовка электролитов. Обжиг, выщелачивание, автоклавная обработка руд. Методы очистки растворов.
6	Электрохимические способы извлечения металлов из растворов. Процессы рафинирования и экстракции металлов с твердыми и жидкими электродами.
7	Электролиз с твердыми электродами. Амальгамная металлургия. Электролиз в металлургии цинка. Электролиз в металлургии металлов группы железа. Электролиз в металлургии свинца и олова. Электролиз в металлургии меди. Электролиз в металлургии благородных металлов.
8	Основы электролиза расплавов. Строение расплавленных солей.
9	Электродное равновесие в расплавах. Влияние физико-химических свойств электролита на процесс электролиза. Некоторые специфические явления при электролизе расплавов..
10	Производство алюминия. Производство магния. Производство щелочных металлов. Производство бериллия и титана. Производство фтора и бора. Производство хлора и щелочей
11	Гальванотехника Механизм процесса электрокристаллизации. Влияние структуры покрываемой поверхности. Влияние электролита на структуру и свойства осадков. Природа и концентрация ионов металла. pH электролитов. Присутствие поверхностно-активных веществ. Влияние режима электролиза на структуру и свойства осадков. Плотность тока. Температура и перемешивание электролита. Влияние ультразвука и переменного тока.
12	Блестящие, выравнивающие и композиционные покрытия. Распределение тока и металла на катодной поверхности. Методы определения равномерности распределения. Подготовка поверхности: механическая обработка, обезжиривание и травление. Электролитическое цинкование и кадмирование. Электролитическое меднение. Покрытие металлами группы железа. Электролитическое хромирование. Покрытие благородными металлами. Покрытие сплавами: закономерности и примеры
13	. Гальванопластика. Оксидирование. Фосфатирование.
14	Электрохимическое и химическое полирование. Электрохимическая размерная обработка.

### ***5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации***

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов

происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются **текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация**.

**1.1.Оценочные материалы для текущего контроля.** Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине

**Текущий контроль** успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Электрохимические системы» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом и лабораторном занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

### **Вопросы по темам дисциплины**

#### **Тема 1. Место электрохимии в науке.**

1. Основы электрохимических производств.
2. Особенности электрохимических производств.
3. Основные направления электрохимических технологий.
4. Общие представления о химических источниках тока, электролизе металлов и электрохимическом синтезе, гальванических покрытиях.

#### **Тема 2. Равновесные и неравновесные явления в растворах электролитов**

1. Современные представления о механизмах образования растворов электролитов.
2. Метод термодинамического цикла.
3. Причины устойчивости растворов электролитов.
4. Активность и коэффициент активности.
5. Основные положения теории Дебая-Гюккеля.
6. Электропроводность удельная, молярная и эквивалентная.
7. Правило Вальдена-Писаржевского.
8. Основные положения теории Дебая-Онзагера.
9. Эффекты Вина и дисперсии электропроводности

#### **Тема 3. Термодинамика электрохимических цепей**

1. Классификация скачков потенциала на границах вакуум- фаза и раздела фаз.
2. Термодинамический вывод уравнения для равновесного гальвани-потенциала на границах раздела металл-металл и металл-раствор.
3. Электроды 1-го, 2-го рода, окислительно-восстановительные, газовые, ионселективные.
4. Электрохимические цепи: физические, концентрационные.

#### **Тема 4. Строение двойного электрического слоя**

1. Электрокинетические и электрокапиллярные явления.
2. Модели двойного электрического слоя Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Их достоинства и недостатки.

#### **Тема 5. Кинетика электродных процессов**

1. Кулонометрия.
2. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция.
3. Теория диффузионного перенапряжения Нернста-Бруннера на плоском электроде. Уравнение полярографической волны.
4. Уравнение Ильковича для мгновенного и среднего токов.
5. Уравнение для скорости в теории замедленного разряда.
6. Ток обмена и перенапряжение.
7. Уравнение поляризационной кривой и его частные случаи при большом и малом перенапряжении.

#### **Тема 6. Прикладная электрохимия**

1. Химические источники тока.
2. Хемотроника.
3. Электрометаллургия.
4. Гальванотехника.
5. Электрохимические методы анализа.
6. Электрохимия и охрана среды.
7. Основные направления развития электрохимии.

#### **Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса**

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Электрохимические системы». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

***В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:***

***3 балла***, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное электрохимических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

***2 балла***, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

***1 балл***, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

**0 баллов**, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы «3», «2», «1» могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

### ***Оценочные материалы для рубежного контроля.***

**Рубежный контроль** осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится **три таких контрольных мероприятия по графику**.

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

### ***Критерии формирования оценок по контрольным точкам (контрольные работы; коллоквиум)***

(6 баллов) - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

(5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

(4 балла) – ставится за работу, если магистр правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

(менее 4 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50 % задач.

### **Самостоятельная работа**

**Самостоятельная работа** студентов направлена на изучение теоретических основ метода, его аппаратного исполнения и возможностей. Уровень освоения материала проверяется собеседованием при подготовке к выполнению лабораторной работы и письменным отчетом (протоколом) о

выполненной работе. Текущий контроль проводится в форме экзамена.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту.
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений.
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ.
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода 9 для электрохимических измерений (ЭИ).
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Луггина.
6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика.
7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода.
8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия.
9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при  $I = \text{const}$ . Возможные варианты.
10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты.
11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста.
12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля.
13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля.
14. Ток обмена ( $i_0$ ) и коэффициент переноса ( $\alpha$ ) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций.
15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов.
16. Метод хроновольтамперометрии.
17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика.
18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных
19. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.

**Оценочные материалы для промежуточной аттестации.** Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Электрохимические системы» в виде проведения экзамена.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

### **ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН**

1. Экспериментальные факты существования ионов в растворах электролитов (Гротгус, Фарадей, Аррениус, Каблуков). Положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Критика этой теории.

2. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации ионов в рамках модели Борна. Ион-дипольное и ион-ионное взаимодействия в растворах электролитов.

3. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия (Льюис). Активность, коэффициент активности, средняя активность и средний коэффициент активности. Ионная сила раствора.

4. Электростатическая теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Средний коэффициент активности в трех приближениях.

5. Диффузия и миграция ионов. Уравнение Нернста-Эйнштейна.

6. Электрическая проводимость: удельная, эквивалентная, молекулярная.

7. Числа переноса и методы их определения.

8. Ионная электрическая подвижность, эквивалентная электрическая проводимость ионов (подвижность). Закон Кольрауша. Влияние заряда, радиуса и температуры на эквивалентную электрическую проводимость.

9. Теория электрической проводимости Дебая-Хюккеля-Онзагера. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Эффекты Вина и Дебая Фалькенгагена.

10. Электрохимический потенциал и условия равновесия на границах металл-металл, металл-раствор.

11. Межфазные скачки потенциалов: контактная разность потенциалов, нернстовский потенциал и диффузионный потенциал. Механизм возникновения этих потенциалов.

12. Понятия внутреннего, внешнего и поверхностного потенциалов; Гальвани- и Вольта-потенциалы. ЭДС электрохимической цепи как сумма скачков потенциалов.

13. Электродный потенциал. Классификация электродов. Электроды 1, 2, 3 рода. Редокс-электроды. Правило Лютера. Газовые электроды, индикаторные электроды.

14. Окислительно-восстановительное равновесие воды и водных растворов. Диаграмма электрохимической устойчивости воды, рН-гидратообразования.

15. Классификация электрохимических систем: физические, химические и концентрационные цепи. Цепи с переносом и без переноса.

16. Двойной электрический слой и его роль в кинетике электродных процессов. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя (Гельмгольца, Гуи, Чапман, Грэм).

17. Электрокапиллярные явления. Уравнение Липпмана.

18. Скорость электрохимической реакции. Поляризация электродов. Стадии электродных процессов. Концентрационная поляризация в отсутствие фона и при избытке фонового электролита в растворе. Предельный ток диффузии.

19. Электрохимическая поляризация. Ток обмена. Уравнение Тафеля.

20. Катодное выделение водорода. Замедленный разряд. Замедленная рекомбинация. Электрохимическая рекомбинация.

21. Применение измерений электрической проводимости и ЭДС в физико-химических исследованиях: определение растворимостей и



произведения растворимости, определение средних коэффициентов активности и чисел переноса методом ЭДС.

22. Применение измерений электрической проводимости и ЭДС в физико-химических исследованиях определение стандартных электродных потенциалов, определение напряжения разложения электролитов, определение констант устойчивости комплексных соединений.

23. Коррозия металлов и методы защиты.

24. Электрохимические источники тока; их виды и основные характеристики.

***Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:***

**«отлично»** ( 91 баллов) – получают обучающиеся, которые свободно ориентируются в материале и отвечают без затруднений. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации. Работа выполнена полностью без ошибок, решено 100% задач;

**«хорошо»** (81 балла) – получают обучающиеся, которые относительно полно ориентируются в материале, отвечают без затруднений, допускают незначительное количество ошибок. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий. Работа выполнена полностью, но имеются не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Допускаются незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

**«удовлетворительно»** (61баллов) – получают обучающиеся, у которых недостаточно высок уровень владения материалом. В процессе ответа на экзамене допускаются ошибки и затруднения при изложении материала. Обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач;

**«неудовлетворительно»** (до 36 баллов) – получают обучающиеся, которые допускают значительные ошибки. Обучающийся имеет лишь начальную степень ориентации в материале. В работе число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50% задач.

***Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности***

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по

дисциплине включает две составляющие:

– *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 баллов).

**Целью промежуточных аттестаций** по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

### ***Критерии оценки качества освоения дисциплины***

**Оценка «отлично» – от 91 до 100 баллов** – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

**Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов** – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

**Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов** – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала.

**Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов** – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенции ПК-2 представлены в таблице 7.

**Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке**

<b>Результаты обучения (компетенции)</b>	<b>Основные показатели оценки результатов обучения</b>	<b>Вид оценочного материала, обеспечивающие формирование компетенций</b>
<b>ПК-2</b> - владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<p><b>Знать:</b> - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов;</p> <p><b>Уметь:</b> - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании;</p> <p><b>Владеть:</b> - теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании .</p>	<p>Устный опрос типовые тестовые задания типовые оценочные материалы к экзамену</p>

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### Основная

1. Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия, Л., Химия, 1981 г., 423 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии. М.Высшая школа, 1978 г. 239 с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия. М.Химия, 2001 г. 624 с.
4. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.Высшая школа, 1984 г. 519 с.

5. Антипин Л.Н. и др. Электрохимия расплавных солей. М., Metallurgizdat, 1964 г. 355 с.
6. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М., Химия, 1988 г. 400 с.
7. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М., Химия, 1988 г. 400 с.
8. Городынский А.В. Вольтамперометрия: кинетика стационарного электролиза//отв.редактор В.И. Шаповал. Институт общей и неорганической химии. Киев: Наукова думка., 1988 г., 176 с.
9. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа, М., МИР, 1974 г., 552 с.
10. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия, Л., Химия, 1976 г., 567 с.
11. Электрохимия расплавленных солей [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Ю.П. Зайков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68317.html>.— ЭБС «IPRbooks»
12. Контрольные задания и тесты по курсу «Теоретическая электрохимия» [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63690.html>.— ЭБС «IPRbooks»

#### **Дополнительная**

1. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия [Текст]: учеб. для вузов / Л.И. Антропов. – М.: Высшая школа – М, 1984 - 519 с.
2. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Текст]: учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. – М.: Высшая школа – М, 1987.- 295 с.
3. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов, ИЛ., М., 1983.
4. Музыкантов В.С., Бажан Н.М., Пармон В.Н., Булгаков Н.Н., Иванченко В.А.
5. Задачи по химической термодинамике, Изд. 2-е, испр.Издательство: Химия, Колос. 2004.
6. Краткий справочник физико-химических величин, М-Л., 1981.
7. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>

*профессиональные поисковые системы:*

Полнотекстовая база данных ScienceDirect: URL: <http://www.sciencedirect.com>.

#### **Интернет-ресурсы**

Виртуальные приборы (virtual instruments) - компьютерные программы,

исполняющие, с помощью компьютера и относительно несложного оборудования ([аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, датчиков и исполнительных устройств](#)), функции различных приборов. Виртуальные приборы используют как для замены обычных приборов, так и для реализации уникальных измерений, для которых нет обычных приборов.

Виртуальные приборы в физико-химическом эксперименте можно найти на сайте: <http://pdeis.at.tut.by/>

#### *Базы данных*

Для самостоятельной, индивидуальной работы, подготовки проектных и исследовательских работ по педагогической практике рекомендуется использовать электронно-библиотечную систему (ресурсы информационного центра ФГБОУ ВО КБГУ обеспечивающий доступ к ряду международных издательств и баз данных:

1. SciVerse Scopus(<http://www.scopus.com>)
2. ЭБС IPR BOOKS (<http://iprbookshop.ru/>)
3. ЭБС «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru>)
4. Web of Science (WOS) (<http://webofknowledge.com>).

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Интерактивный класс, оснащенный оборудованием: стендами, информационно-измерительными системами, электронными средствами обучения и контроля знаний студентов.

Компьютерный класс.

Методический кабинет.

Лаборатория высокотемпературной электрохимии.

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1.	Лекционные аудитории	№203, 211, 322; интерактивная доска, 3 комплекта видео-презентационного оборудования ( проектор, экран, ноутбук)
2.	Компьютерные классы	Компьютерное оборудование с программным обеспечением для проведения тестов при контроле текущей успеваемости.
3.	Лаборатории 121, 126, 108	Практические работы выполняются с использованием современного лабораторного оборудования: Потенциостат/гальваностат PAR 2273 Электрохимический комплекс Autolab PGSTAT 30 Потенциостат / гальваностат

		Elektroflex 473 управление которыми возможно только с использованием соответствующих ком-пьютерных программ: Autolab. PAR-Ametek. Elektroflex.
--	--	--

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

*лицензионное программное обеспечение:*

- Продукты Microsoft (Desktop EducationALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
- AltLinux (Альт Образование 8);

*свободно распространяемые программы:*

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1. Альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2. Присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации; 4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (Дополнений)**  
 в рабочую программу по дисциплине  
 «Электрохимические системы»  
 по направлению подготовки 04.04.01. «ХИМИЯ»  
 на 2022/ 2023 учебный год

№	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры неорганической и физической химии  
 протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Х.Б. Кушхов