

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3093/б.н.



ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальностей:

6-05-0531-01 Химия

6-05-0531-02 Химия лекарственных соединений

6-05-0531-03 Радиационная химическая и биологическая защита

6-05-0531-04 Химия (научно-педагогическая деятельность)

7-07-0531-01 Фундаментальная химия

7-07 -0531-02 Химия высоких энергий

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0531-01-2023, учебных планов № 6-5.5-41/01, № 6-5.5-41/02, № 6-5.5-41/03 от 15.05.2023; ОСВО 6-05-0531-02-2023, учебных планов № 6-5.5-42/01 и № 6-5.5-42/02 от 15.05.2023, ОСВО 6-05-0531-03-2023, учебного плана № 6-5.15-73/01 от 15.05.2023; ОСВО 6-05-0531-04-2023, учебного плана № 6-5.5-43/01 от 15.05.2023; ОСВО 7-07-0531-02-2023, учебного плана № 7-5.5-69/01 от 15.05.2023, ОСВО 7-07-0531-01-2023, учебного плана № 7-5.5-68/01 от 15.05.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.А.Стрельцов, заведующий кафедрой физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

Т.В.Ковальчук-Рабчинская, заместитель декана по учебной работе и образовательным инновациям химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

С.М.Рабчинский, заведующий кафедрой общей химии и методики преподавания химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

А.С.Боковец, заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

Н.В.Малащенко, доцент кафедры физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

А.И.Кулак, директор ИОНХ НАН Беларуси, академик НАН Беларуси, д.х.н., профессор;

Н.П.Осипович, старший научный сотрудник лаборатории химии свободнорадикальных процессов учреждения БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», к.х.н., доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

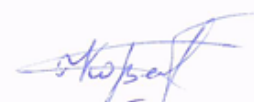
Кафедрой физической химии и электрохимии БГУ
(протокол № 15 от 19.06.2025);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



Е.А.Стрельцов



Т.В.Ковальчук-Рабчинская

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов с основами учения теории растворов электролитов, термодинамики электрохимических систем, строения двойного электрического слоя и явлениях адсорбции на межфазных границах, а также процессах на электродах и электрохимической кинетике. Курс дает четкое представление о фундаментальных теоретических и экспериментальных основах этого раздела химии в его современном состоянии.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) изучение студентами основ электрохимии;
- 2) выработка навыков проведения базового электрохимического эксперимента.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Физическая химия и электрохимия» государственного компонента.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по дисциплинам: «Физическая химия», «Неорганическая химия», «Инструментальные и хроматографические методы анализа», «Электрохимические методы анализа».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Электрохимия» должно обеспечить формирование следующей компетенции:

Базовые профессиональные компетенции:

Применять основные постулаты, положения и законы физической химии для планирования и проведения электрохимического эксперимента, определения физико-химических характеристик веществ, оптимальных условий протекания электрохимических процессов

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и положения электрохимии;
- физико-химические основы электрохимии: теорию электролитов, процессы переноса в ионных проводниках, равновесия в растворах электролитов, электродвижущую силу и электродные потенциалы, современные представления о строении двойного электрического слоя;
- основы кинетики электрохимических реакций;
- основы электрохимических методов исследования.

уметь:

- проводить расчеты на основе изучаемых электрохимических законов, правил и зависимостей;
- классифицировать электроды и электрохимические цепи;
- проводить простейший электрохимический эксперимент;

– использовать на практике знания по прикладным аспектам электрохимии (химические источники тока и электролизеры, электрохимический синтез окислителей и восстановителей, гальванотехника, коррозия металлов и др.);

иметь навыки:

– приемами практического нахождения важнейших электрохимических величин (электродных потенциалов и токов, выхода по току, коэффициентов активности, чисел и коэффициентов переноса, удельной электропроводности, коэффициентов диффузии, электрической подвижности и др.).

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается **в 5 семестре** для специальностей 6-05-0531-01 Химия, 6-05-0531-02 Химия лекарственных соединений, 6-05-0531-03 Радиационная химическая и биологическая защита, 6-05-0531-04 Химия (научно-педагогическая деятельность); **в 6 семестре** для специальностей 7-07-0531 01 Фундаментальная химия, 7-07 -0531 02 Химия высоких энергий. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Электрохимия» отведено **для очной формы** получения высшего образования – 102 часа, в том числе 54 аудиторных часов: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 8 часов, семинарские занятия – 10 часов. **Из них:**

Лекции – 18 часов + 2 часа ДОТ, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 8 часов, семинарские занятия – 6 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Для специальности 6-05-0531-03 Радиационная химическая и биологическая защита:

Лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 8 часов, семинарские занятия – 4 часа, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов

Тема 1.1. Предмет, содержание и основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией

Предмет и содержание электрохимии. Основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией. Особенности химического и электрохимического способов реализации окислительно-восстановительных реакций. Проводники с электронной и ионной проводимостью.

Тема 1.2. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея

Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры (электрохимические ванны) и гальванические элементы (химические источники тока). Законы Фарадея. Выход по току. Кулонометры и кулонометрия. Понятие о кулонометрическом анализе веществ.

Тема 1.3. Теория электролитической диссоциации. Ионные равновесия в растворах электролитов

Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов: электролитическая диссоциация воды, диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы. Недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса.

Тема 1.4. Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов

Ионные кристаллы. Энергия ионной кристаллической решетки. Расчет энергии ионной кристаллической решетки методом Борна. Уравнение Борна-Ланде. Сольватация и гидратация ионов. Физические свойства полярных растворителей. Протонные и апротонные растворители. Донорные и акцепторные числа растворителей. Расчет энергии сольватации методом Борна. Определение энергии сольватации по экспериментальным данным (подход А.Н. Фрумкина). Энтальпия сольватации. Уравнение Борна-Бьеррума. Энтропия сольватации. Особенности гидратации протонов.

Межионные взаимодействия в растворах электролитов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициента активности. Три основных способа выражения состава раствора (молярная концентрация, моляльность, молярная доля), активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Основные положения теории сильных электролитов Дебая-Гюккеля. Центральный ион и ионная атмосфера. Характеристическая длина ионной атмосферы (дебаевский радиус), зависимость от концентрации ионов в растворе и заряда. Первое, второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Сопоставление теории с экспериментом.

Применение результатов теории Дебая-Хюккеля к слабым электролитам. Ионная ассоциация, классификация ионных пар, константа ионной ассоциации.

Раздел 2. Неравновесные явления в растворах электролитов

Тема 2.1. Диффузия и миграция ионов в растворах

Определение понятий «диффузия» и «миграция» ионов в растворах электролитов. Потоки диффузии и миграции. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Электрическая подвижность ионов. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Зависимость от концентрации и температуры. Эффективный коэффициент диффузии электролита. Способы устранения диффузионного потенциала.

Тема 2.2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов

Понятия «удельная», «эквивалентная» и «молярная» электропроводности. Зависимость от концентрации для сильных и слабых электролитов. Измерение удельной электропроводности растворов. Закон Кольрауша. Связь молярной электропроводности с константой диссоциации слабых электролитов. Определение произведения растворимости труднорастворимых соединений (солей) путем измерения удельной электропроводности их насыщенных растворов. Понятие о кондуктометрии.

Тема 2.3. Числа переноса ионов и методы их определения.

Числа переноса ионов, их зависимость от концентрации и температуры. Предельные числа переноса. Определения чисел переноса методами движущейся границы и Гитторфа. Предельные электропроводности ионов. Аномальная электрическая подвижность катионов водорода и гидроксид-анионов.

Тема 2.4. Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.

Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Расчет сольватированных радиусов ионов по уравнению Стокса. Правило Вальдена-Писаржевского. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена.

Представления о переносе заряда в ионных жидкостях (расплавах). Факторы, влияющие на электрическую проводимость расплавов. Понятие об электрической проводимости твердых электролитов. Основные типы твердых электролитов.

Раздел 3. Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала

Тема 3.1. Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор

Природа скачка потенциала на границе раздела фаз. Внешний, поверхностный, внутренний, вольта и гальвани потенциалы. Правильно разомкнутая электрохимическая цепь. Электродвижущая сила (ЭДС). Выражение ЭДС через сумму гальвани и вольта потенциалов. Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Химический и электрохимический потенциал. Граница двух металлов. Закон Вольта. Граница металл-раствор. ЭДС и ее связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Понятие электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.

Тема 3.2. Классификация электродов

Электроды первого, второго, третьего рода. Электроды сравнения: водородный электрод, хлорсеребряный, каломельный. Окислительно-восстановительные и газовые электроды. Мембраны. Потенциал Доннана и мембранный потенциал. Потенциал асимметрии мембраны. Стекланный электрод. Понятие об ионселективных электродах. Метод потенциометрии.

Тема 3.3. Электрохимические цепи и их классификация

Классификация электрохимических цепей. Физические (гравитационные, аллотропические) цепи. Генерирование электрической энергии в системах с химически одинаковыми электродами. Концентрационные цепи первого и второго рода. Уравнения для ЭДС концентрационных цепей первого и второго рода. Цепи с переносом и без переноса. Химические цепи. Элементы Вестона, Якоби-Даниэля, Лекланше. Свинцовый аккумулятор. Литий-ионные аккумуляторы. Современные тенденции развития химических источников тока.

Тема 3.4. Термодинамика гальванического элемента

Температурный коэффициент ЭДС и его связь с энтропией. Экзотермические и эндотермические процессы в гальванических элементах. Практическое применение метода измерения ЭДС гальванических элементов: определение коэффициентов активности, чисел переноса, измерение температурного коэффициента ЭДС, расчет термодинамических параметров реакций.

Раздел 4. Двойной электрический слой на границе электрод-раствор

Тема 4.1. Строения двойного электрического слоя, современные представления

Строения двойного электрического слоя по Гельмгольцу. Емкость двойного электрического слоя. Теория диффузного строения двойного электрического слоя (Гуи, Чепмен). Адсорбционная теория (Штерн). Модель Грэма. Современные представления о строении двойного электрического слоя.

Тема 4.2. Явления адсорбции на межфазных границах

Адсорбция на поверхности электродов. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные молекулярные частицы. Электрокапиллярные явления на ртути и амальгамах металлов. Первое уравнение Липпмана. Потенциал нулевого заряда. Современные методы изучения гетерограницы электрод-раствор электролита.

Раздел 5. Основы электрохимической кинетики

Тема 5.1. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды.

Скорость электрохимической реакции. Стадии электрохимического процесса. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Поляризационные кривые. Потенциостатический, потенциодинамический и гальваностатический методы поляризационных измерений. Треэлектродная и двухэлектродная электрохимическая ячейка.

Тема 5.2. Электрохимическое перенапряжение

Электрохимическое перенапряжение. Связь между энергией активации электродной реакции и электродным потенциалом. Коэффициенты переноса. Безактивационные и безбарьерные электрохимические процессы. Уравнение Батлера-Фольмера. Плотность тока обмена. Понятие идеально поляризуемого электрода. Сопротивление переноса заряда. Уравнение Тафеля. Определение токов обмена и коэффициентов переноса.

Тема 5.3. Диффузионное перенапряжение

Диффузионное перенапряжение. Стационарная и нестационарная диффузия. Второй закон Фика. Диффузионный слой. Понятие о микроэлектроде. Предельная плотность тока и ее связь с диффузионным перенапряжением. Уравнение полярографической волны. Потенциал полуволны. Понятие о методе полярографии. Вращающийся дисковый электрод.

Раздел 6. Электрохимическая коррозия. Прикладная электрохимия

Тема 6.1. Короткозамкнутые электрохимические системы.

Локальные микроаноды и микрокатоды. Условие самопроизвольной коррозии. Сопряженные электрохимические процессы. Анодное окисление, растворение и пассивация металлов. Потенциал Фладе. Коррозионные диаграммы и их анализ. Коррозия технических металлов. Способы защиты от коррозии.

Тема 6.2. Электрохимическое осаждение, разделение и рафинирование металлов.

Процессы цементации. Осаждение металлов при потенциалах, превышающих равновесный потенциал (underpotential deposition). Принципы электрохимического рафинирования металлов. Осаждение сплавов и твердых растворов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Н	ОМ	Название раздела, темы	Количество аудиторных
---	----	------------------------	-----------------------

		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов							
1.1	Предмет, содержание и основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией	1						Дискуссия
1.2	Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея	1	1	1	4		1	Устный опрос. Решение задач, контрольная работа, отчет по домашним практическим упражнениям
1.3	Теория электролитической диссоциации. Ионные равновесия в растворах электролитов	1						Устный опрос
1.4	Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов	1	1	1				Устный опрос
2	Неравновесные явления в растворах электролитов							
2.1	Диффузия и миграция ионов в растворах	1						Дискуссия
2.2	Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов	1	2		4		1	Устный и письменный опрос, контрольная работа, отчет по домашним

								практическим упражнениям
2.3	Числа переноса ионов и методы их определения	1		1	4			Письменная работа по решению задач
2.4	Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.	1		1				Контрольная работа, тесты
3	Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала							
3.1	Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор	1						Дискуссия
3.2	Классификация электродов	1		1			1	Контрольная работа
3.3	Электрохимические цепи и их классификация	1	2	1	4			Устный опрос
3.4	Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения ЭДС гальванических элементов	1						Письменная работа по решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям
4	Двойной электрический слой на границе электрод-раствор							Дискуссия
4.1	Строения двойного электрического слоя, современные представления	1 ДОТ						Дискуссия
4.2	Явления адсорбции на межфазных границах	1 ДОТ						Дискуссия
5	Основы электрохимической кинетики							
5.1	Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды.	2	2					Устный опрос, письменная работа по решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям

5.2	Электрохимическое перенапряжение						1	Устный опрос, письменная работа по решению задач
5.3	Диффузионное перенапряжение	2						Дискуссия
6	Электрохимическая коррозия. Прикладная электрохимия	2						
6.1	Короткозамкнутые электрохимические системы	1						Дискуссия
6.2	Электрохимическое осаждение, разделение и рафинирование металлов.	1						Дискуссия

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий
(ДОТ)

для специальности 6-05-0531-03 Радиационная химическая и биологическая защита

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов							
1.1	Предмет, содержание и основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией	1						Дискуссия
1.2	Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея	1	1	1	4		2	Решение задач, контрольная работа,
1.3	Теория электролитической диссоциации. Ионные равновесия в растворах электролитов	1						Дискуссия
1.4	Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов	1	1	1				Устный опрос
2	Неравновесные явления в растворах электролитов							
2.1	Диффузия и миграция ионов в растворах	1						Дискуссия

2.2	Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов	1	2		4		2	Устный и письменный опрос, контрольная работа, отчет по домашним практическим упражнениям
2.3	Числа переноса ионов и методы их определения	1			4			Письменная работа по решению задач
2.4	Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.	1						Контрольная работа, тесты
3	Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала							
3.1	Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор	1						Дискуссия
3.2	Классификация электродов	1		1			2	Контрольная работа
3.3	Электрохимические цепи и их классификация	1	2	1	4			Устный опрос
3.4	Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения ЭДС гальванических элементов	1						Письменная работа по решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям
4	Двойной электрический слой на границе электрод-раствор							Дискуссия
4.1	Строения двойного электрического слоя, современные представления	1 ДОТ						Дискуссия
4.2	Явления адсорбции на межфазных границах	1 ДОТ						Дискуссия
5	Основы электрохимической кинетики							
5.1	Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды.	2	2					Устный опрос, письменная работа по

								решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям
5.2	Электрохимическое перенапряжение							Устный опрос, письменная работа по решению задач
5.3	Диффузионное перенапряжение	2						Дискуссия
6	Электрохимическая коррозия. Прикладная электрохимия	2						
6.1	Короткозамкнутые электрохимические системы	1						Дискуссия
6.2	Электрохимическое осаждение, разделение и рафинирование металлов.	1						Дискуссия

•

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Теоретическая электрохимия : учебно-методическое пособие / Л. И. Ковязина, И. Ю. Михайлова, С. В. Шишкина, Т. В. Еремеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киров : ВятГУ, 2021. — 96 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339965>
2. Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / А. В. Введенский, Е. В. Бобринская, С. Н. Грушевская, С. А. Калужина. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212504>

Дополнительная литература

1. Багоцкий, Владимир Сергеевич. Основы электрохимии / В. С. Багоцкий. - Москва : Химия, 1988. - 400 с.
2. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - Изд. 3-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. - 670 с.
3. Подгорнова, Т. В. Электрохимия : учебное пособие / Т. В. Подгорнова, А. Ю. Митрофанов, Я. М. Суздальцева. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 42 с. — ISBN 978-5-8353-2344-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135248>
4. Стрельцов, Е. А. Электрохимия полупроводников: учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по химическим спец. / Е. А. Стрельцов. - Минск: БГУ, 2012. – 159 с.
5. Лукомский, Юрий Яковлевич. Физико-химические основы электрохимии : [учеб. пособие] / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 446 с.
6. Сборник задач по электрохимии : для студ. хим. фак. спец. 1-31 05 01 "Химия (по направлениям)" / [авт.: М. П. Гилевич и др.]. - Минск : БГУ, 2007. - 120 с.
7. Лабораторные работы по разделу "Электрохимия" курса "Физическая химия" : Для студ. спец. Н.03.01.00 "Химия" / БГУ. Хим. фак. Каф. физической химии; Авт.-сост. М.П.Гилевич и др. - Мн. : БГУ, 2001. - 116с.
8. Дамаскин, Борис Борисович. Основы теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. хим. спец. вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. - Москва : Высшая школа, 1978. - 239 с.
9. Дамаскин, Борис Борисович. Введение в электрохимическую кинетику : [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1983. - 400 с.
10. Задачи по физической химии : Учеб.пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. - М. : Экзамен, 2003. - 318с.

11. Краткий справочник физико-химических величин / [сост.: Н. М. Барон и др.]; под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономаревой. - Изд. 12-е. - Москва : АРИС, 2010. - 238 с.
12. Практические работы по физической химии : учеб. пособие / под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - Ленинград : Химия, 1982. - 400 с.
13. Практикум по физической химии : учеб. пособие для студ. химико-технологических спец. вузов / [авт.: В. В. Буданов и др.]; под общ. ред. Н. К. Воробьева. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - Москва : Химия, 1975. - 367 с.
14. Сборник задач по электрохимии : Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. "Химия" и спец. "Химия" и "Технология электрохимических производств" / Н. А. Колпакова, Л. С. Анисимова, Н. П. Пикула и др.; Под ред. Н. А. Колпаковой. - М. : Высшая школа, 2003. - 144с.
15. Антропов, Лев Иванович. Теоретическая электрохимия : учебник / Л. И. Антропов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1984. - 519 с.
16. Ротинян, А. Л. Теоретическая электрохимия / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина ; под ред. А. Л. Ротиняна. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1981. - 424 с.
17. Байрамов, В. М. Основы электрохимии : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 011000 "Химия" и напр. 510500 "Химия" / В. М. Байрамов ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Academia, 2005. - 238с.
18. Практикум по электрохимии : учеб. пособие для хим. спец. вузов / [Б. Б. Дамаскин и др.]; под ред. Б. Б. Дамаскина. - Москва : Высшая школа, 1991. - 287с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: дискуссия, устный опрос, решение задач, контрольная работа, отчет по домашним практическим упражнениям, письменный опрос, письменная работа по решению задач, тесты.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимия» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- защита индивидуальных лабораторных работ – 25 %;
- отчеты по домашним практическим упражнениям – 10 %;
- контрольные работы по теоретическому материалу – 35 %;
- тесты, письменная работа по решению задач – 30 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) 30 % и экзаменационной отметки 70 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

Лабораторное занятие № 1. Определение чисел переноса ионов в растворе серной кислоты.

Лабораторное занятие № 2. Определение ЭДС элемента «Якоби-Даниэля».

Лабораторное занятие № 3. Определение константы диссоциации слабой кислоты.

Лабораторное занятие № 4. Определение pH растворов кислот и буферных растворов с помощью хингидронного электрода.

Примерная тематика практических занятий

Практическое занятие № 1. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Законы Фарадея. Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов

Решение задач с использованием закона Фарадея, расчёт энергии сольватации ионов и энергии ионной кристаллической решетки.

Практическое занятие № 2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов.

Практическое занятие № 3. Электрохимические цепи и их классификация.

Расчёт потенциалов электродов разного рода, составление электрохимических цепей, расчет величины ЭДС для электрохимических цепей.

Практическое занятие № 4. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение. Решение задач.

Примерная тематика семинарских занятий

Семинарское занятие № 1. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея.

Сформулировать законы Фарадея, дать определение выхода по току, рассказать об устройстве и классификации кулонометров.

Вывести уравнение для расчета энергии сольватации по экспериментальным данным (подход А.Н. Фрумкина), физический смысл энтальпии сольватации, уравнения Борна-Бьеррума, энтропии сольватации. Особенности гидратации протонов.

Семинарское занятие № 2. Числа переноса ионов и методы их определения. Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.

Изложить разные методы определения чисел переноса, их расчёт. Описать гидродинамическую модель проводимости растворов электролитов. Охарактеризовать теорию Дебая-Хюккеля-Онзагера.

Семинарское занятие № 3. Классификация электродов. Электрохимические цепи и их классификация.

Дать определения электродам первого, второго, третьего рода, записать для протекающие на них реакции. Привести примеры электродов сравнения: водородного электрода, хлорсеребряного, каломельного. Применение окислительно-восстановительных и газовых электродов. Стекланный электрод и его применение в потенциометрии. Метод потенциометрии.

Записать элементы Вестона, Якоби-Даниэля, Лекланше. Принцип работы свинцового аккумулятора, литий-ионных аккумуляторов. Современные тенденции развития химических источников тока.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 1.2. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея (1 ч.)

Задание 1. Пользуясь законом Фарадея, рассчитайте массу продукта, образовавшегося на электроде, или время электролиза, или количество пропущенного электричества.

Задание 2. Что такое выход по току? Приведите пример электрохимического кулонометра, объясните принцип его действия.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач.
2. Опрос.

Тема 2.2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов (1ч.)

Задание 1. Пользуясь законом Кольрауша, рассчитайте удельную электропроводность раствора слабой кислоты, а также предельную эквивалентную электропроводность раствора сильного электролита.

Задание 2. Изобразите и объясните зависимость удельной и эквивалентной электропроводности растворов электролитов от концентрации.

Поясните влияние природы электролита на величину электропроводности раствора.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач.
2. Опрос.

Тема 3.2. Классификация электродов (1ч.)

Задание 1. Запишите уравнение обратимой электродной реакции, выражение уравнение Нернста для электродного потенциала. Рассчитайте величину электродного потенциала относительно стандартного водородного электрода.

Задание 2. Приведите примеры электродов сравнения, а также электродов, используемых для определения активности ионов водорода.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач.
2. Опрос.

Тема 5.2. Электрохимическое перенапряжение (1 ч.)

Задание 1. Рассчитайте величину электрохимического перенапряжения реакции выделения водорода на катоде, величину плотности тока обмена и коэффициента переноса реакции.

Задание 2. Поясните отличие поляризации электрода от перенапряжения. Дайте определение и приведите примеры идеально поляризуемого и идеально неполяризуемого электродов.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач
2. Опрос

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы для специальности 6-05-0531-03 Радиационная химическая и биологическая защита

Тема 1.2. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея (2 ч.)

Задание 1. Пользуясь законом Фарадея, рассчитайте массу продукта, образовавшегося на электроде, или время электролиза, или количество пропущенного электричества.

Задание 2. Что такое выход по току? Приведите пример электрохимического кулонометра, объясните принцип его действия.

Перечень средств диагностики:

3. Самостоятельное решение задач.
4. Опрос.

Тема 2.2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов (2 ч.)

Задание 1. Пользуясь законом Кольрауша, рассчитайте удельную электропроводность раствора слабой кислоты, а также предельную эквивалентную электропроводность раствора сильного электролита.

Задание 2. Изобразите и объясните зависимость удельной и эквивалентной электропроводности растворов электролитов от концентрации. Поясните влияние природы электролита на величину электропроводности раствора.

Перечень средств диагностики:

3. Самостоятельное решение задач.
4. Опрос.

Тема 3.2. Классификация электродов (2 ч.)

Задание 1. Запишите уравнение обратимой электродной реакции, выражение уравнение Нернста для электродного потенциала. Рассчитайте величину электродного потенциала относительно стандартного водородного электрода.

Задание 2. Приведите примеры электродов сравнения, а также электродов, используемых для определения активности ионов водорода.

Перечень средств диагностики:

3. Самостоятельное решение задач.
4. Опрос.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются **эвристический подход и метод учебной дискуссии**, которые предполагают:

- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности;
- участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- решение задач, предлагаемых на практических занятиях;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры (электрохимические ванны) и гальванические элементы (химические источники тока).
2. Законы Фарадея. Выход по току. Кулонометры и кулонометрия. Понятие о кулонометрическом анализе веществ.
3. Ионные равновесия в растворах электролитов: электролитическая диссоциация воды, диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы.
4. Сольватация и гидратация ионов.
5. Энергия ионной кристаллической решетки и энергия сольватации. Расчет энергии ионной кристаллической решетки и энергии сольватации методом Борна. Определение энергии сольватации по экспериментальным данным (подход А.Н. Фрумкина).
6. Энтальпия сольватации. Уравнение Борна-Бьеррума. Энтропия сольватации. Особенности гидратации протонов.
7. Межионное взаимодействие в растворах электролитов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициента активности.
8. Основные положения теории сильных электролитов Дебая-Гюккеля.
9. Центральный ион и ионная атмосфера. Характеристическая длина ионной атмосферы (дебаевский радиус), зависимость от концентрации ионов в растворе и их заряда.
10. Энергия взаимодействия иона с ионной атмосферой.
11. Первое, второе и третье приближения теории Дебая-Гюккеля. Сопоставление теории с экспериментом.
12. Применение результатов теории Дебая-Гюккеля к слабым электролитам. Ионная ассоциация, классификация ионных пар, константа ионной ассоциации.
13. Диффузия и миграция ионов в растворах.
14. Понятия «удельная», «эквивалентная» и «молярная» электропроводности. Зависимость от концентрации для сильных и слабых электролитов. Измерение удельной электропроводности растворов. Закон Кольрауша.
15. Связь молярной электропроводности с константой диссоциации слабых электролитов. Определение произведения растворимости труднорастворимых соединений (солей) путем измерения удельной

электропроводности их насыщенных растворов. Понятие о кондуктометрии.

16. Числа переноса ионов и методы их определения

17. Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.

18. Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала. Электродное равновесие

19. Природа скачка потенциала на границе раздела фаз. Внешний, поверхностный, внутренний, вольта и гальвани потенциалы. Правильно разомкнутая электрохимическая цепь.

20. Электродвижущая сила (ЭДС). Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Химический и электрохимический потенциал. Граница двух металлов. Закон Вольта. Граница металл-раствор.

21. ЭДС и ее связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Понятие электродного потенциала.

22. Стандартный электродный потенциал. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.

23. Классификация электродов.

24. Электрохимические цепи и их классификация.

25. Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов.

26. Строения двойного электрического слоя, современные представления

27. Явления адсорбции на межфазных границах.

28. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение.

29. Диффузионное перенапряжение. Понятие о методе полярографии.

30. Короткозамкнутые электрохимические системы. Коррозионные диаграммы и их анализ.

31. Коррозия технических металлов и способы защиты.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Электрохимические методы анализа	Кафедра физической химии и электрохимии	Предложения отсутствуют	Рекомендовать к утверждению учебную программу (протокол № 15 от 19.06.2025)

Заведующий кафедрой
физической химии и электрохимии,
_____ Е.А.Стрельцов
д.х.н., профессор

(подпись)

19 июня 2025 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
