

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой физической химии

О.А. Козадеров
01.07.2021



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Электрохимия

- 1. Код и наименование направления подготовки / специальности:**
04.06.01 Химические науки
 - 2. Направленность: 02.00.05** Электрохимия
 - 3. Квалификация (степень) выпускника:** Исследователь, преподаватель-исследователь
 - 4. Форма образования:** очная
 - 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра физической химии
 - 6. Составители программы:**
Введенский Александр Викторович, доктор химических наук, профессор
-
- 7. Рекомендована:** НМС химического факультета,
протокол № 5 от 17.06.2021
 - 8. Учебный год:** 2024-2025 **Семестры:** семестр 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Опираясь на базовые знания аспирантов в области физической химии, электрохимии, теории адсорбционных явлений, физики и математики, подготовить специалистов - химиков высшей квалификации, владеющих современными методами исследования, контроля и управления процессами, протекающими на заряженной межфазной границе, а также познакомить их с основными закономерностями кинетики электродных процессов, особенностей электрохимии и коррозии сплавов

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Блок 1. Вариативная часть. Обязательная дисциплина.

Требуются базовые знания фундаментальных разделов физики и химии; умение применять основные законы химии и физики при обсуждении полученных результатов.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	знать: современные достижения в области электрохимии уметь: выбирать модельные системы при решении исследовательских и практических задач в области современной электрохимии владеть навыками критического анализа современных достижений в электрохимии
УК-4	готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке	знать: современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках уметь: использовать современные методы и технологии научной коммуникации в научно-исследовательской деятельности владеть навыками использования современных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранных языках
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	знать: способы анализа имеющейся информации; методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы с использованием современных компьютерных технологий; уметь: ставить задачу и выполнять научные исследования при решении конкретных задач по электрохимии с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств; применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации с использованием современных компьютерных технологий; владеть: практическими навыками и знаниями использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях; современными

		компьютерными технологиями для сбора и анализа научной информации.
ПК-3	владение основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии)	знать: современные методы исследования электрохимических систем, явлений и процессов уметь: использовать информационные технологии для обработки экспериментальных данных владеть навыками выбора электрохимических методов исследований по тематике диссертации, проведения и интерпретации полученных результатов
ПК-4	способность применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных	знать: основные законы химии уметь: применять основные законы химии для интерпретации экспериментальных результатов. владеть: навыками поиска информации в базах данных.
ПК-5	владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владение навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических экспериментов	знать: основные экспериментальные методы исследования в химии; уметь: самостоятельно получать новые научные результаты; владеть: навыками использования современного научного оборудования для выполнения исследований по тематике диссертационной работы, в том числе в ЦКПНО.
ПК-11	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области электрохимии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	знать: основные требования, предъявляемые к уровню научных исследований на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) электрохимия; уметь: самостоятельно выбирать подходящие методы исследований; владеть: навыками работы с применением информационно-коммуникационных технологий.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	По семестрам	
		семестр 7	
индивидуальные занятия	18	18	
самостоятельная работа	90	90	
Контроль - экзамен	36	36	
Итого	144	144	
Форма промежуточной аттестации		экзамен	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Равновесные физико-химические процессы в растворах электролитов.	Химический и электрохимический способы осуществления окислительно-восстановительных реакций. роль теоретической электрохимии, ее связь с задачами прикладной электрохимии. Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации. ион-ионные, ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия. классификация электролитов. Сольватация (гидратация) ионов. Реальная и химическая энергия, энтальпия и энтропия сольватации ионов. Теория Борна. Методы Бернала-Фаулера, Мищенко и Измайлова экспериментального определения теплот ионной сольватации. Особенности гидратации протона. Термодинамическое описание ион-ионных взаимодействий. Особенности выбора стандартного состояния в растворах электролитов. Средняя активность и коэффициент активности. Теория Дебая-Хюккеля. Ионные ассоциаты. Полиэлектролиты. Современные представления о растворах электролитов.	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962
2	Ионные реакции	Классификация ионных реакций. Протолитическое и автопротолитическое равновесия. Водородный показатель. Буферные свойства растворов. Сольволиз (гидролиз). Ионные реакции ступенчатого комплексообразования и ступенчатой диссоциации. Окислительно-восстановительные реакции. Особенности ионных реакций в присутствии твердой фазы. Гидратообразование. Производство растворимости.	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962
3	Ионный транспорт в растворах электролитов	Основные механизмы ионного транспорта. Потоки диффузии, миграции и конвекции. Соотношение Нернста-Эйнштейна. Удельная, молярная и эквивалентная электропроводность. Влияние концентрации и температуры. Правило Кольрауша. Кондуктометрия. Физические основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера. Электрофоретическое и релаксационное торможение. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Эффект Фарадея в растворах	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962

		<p>слабых электролитов. Зависимость подвижности ионов от их природы, типа растворителя, температуры и концентрации раствора. Правило Вальдена-Писаржевского. Стоксовский радиус. Электропроводность растворов кислот и щелочей.</p> <p>Электропроводность неводных растворов, расплавов и твердых электролитов.</p> <p>Суперионики. Числа переноса ионов.</p> <p>Элементы теории молекулярной диффузии. Диффузионный потенциал в растворе. Роль ион-ионных взаимодействий в диффузионном переносе. Комбинированный диффузионно-миграционный транспорт. Эффект фонового электролита.</p>	
4	Строение границ раздела заряженных фаз. Двойной электрический слой.	<p>Классификация межфазных границ.</p> <p>Электрохимический потенциал. Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз. Двойной электрический слой.</p> <p>Строение ДЭС. Элементы теории Гуи-Чапмена-Грема. Методы изучения структуры и свойств ДЭС. Основное уравнение электрокапиллярности. Емкость ДЭС.</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
5	Термодинамика равновесных электродных систем. Потенциал электрода.	<p>Правило записи равновесной гальванической цепи. Закон Вольта. Поверхностный, внешний, внутренний потенциалы. Причины возникновения внутренней контактной разности потенциалов (осмотическая теория Нернста, гидратационная теория Писаржевского-Изларышева, кинетическая теория Герни). Напряжение гальванической цепи. Реальный потенциал. Работа выхода.</p> <p>Физическая природа вольта- и гальвани-потенциала. Концепция электронного межфазного равновесия. Электродный потенциал. Связь напряжения цепи с потенциалами отдельных электродов.</p> <p>Система знаков электродных потенциалов и напряжений цепей, рекомендации ИЮПАК. Проблема Вольта и подход Фрумкина к ее решению. Потенциал нулевого заряда. Проблема абсолютного электродного потенциала. Связь напряжения электрохимической цепи с ее свободной энергией Гиббса. Основное уравнение электрохимической термодинамики.</p> <p>Уравнения Нернста и Гиббса-Гельмгольца для напряжения цепи. Влияние температуры и давления на напряжение цепи и равновесный электродный потенциал.</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
6	Равновесные электродные	<p>Классификация электродных равновесных систем. Электрод I рода. Уравнение Нернста.</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия</p>

	<p>потенциалы. Электрохимические цепи</p>	<p>Стандартный электродный потенциал и его использование в качестве меры окислительно-восстановительной способности. Ряд напряжений. Электрод I рода в растворе с комплексными ионами металла. Электродный потенциал двухкомпонентного гомогенного сплава. Металлический и амальгамный электроды. Газовые электроды. Потенциал водородного электрода в кислой и щелочной среде. Кислородный электрод. Потенциал кислородного электрода в кислой и щелочной среде. Диаграмма E-pH для воды. Хлорный и бромистый электроды. Электроды II рода. Хлорсеребряный, ртутнохлоридный, ртутносulfатный, ртутноокисный электроды. Окислительно-восстановительные электроды. Правило Лютера. Хингидронный электрод. Ионообменные мембраны. Биомембраны. Равновесие Доннана. Мембранный потенциал. Основы теории стеклянного электрода. Потенциал стеклянного электрода в кислой и щелочной среде. pH-метрия со стеклянным электродом. Ионселективные электроды с твердой и жидкой мембраной. Диффузионный потенциал на границе растворов с одинаковым растворителем. Расчет диффузионного потенциала. Формула Гендерсона. Методы элиминирования диффузионного потенциала. Солевой мост. Межфазный жидкостный потенциал на границе растворов с разным растворителем. Классификация электрохимических (гальванических) цепей. Физические цепи. Концентрационные цепи I и II рода без переноса. Сдвоенные концентрационные и химические цепи. простые и сложные химические цепи. Потенциометрия и ее роль в физико-химических исследованиях. Химические источники тока.</p>	<p>(аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
7	<p>Строение ДЭС на металлах и сплавах</p>	<p>Строение ДЭС на идеально-поляризуемых жидких электродах. Особенности строения ДЭС на твердых электродах. Сравнительные данные о строении двойного электрического слоя на границе металл/электролит и сплав/электролит. Модели «независимых электродов» и «единого диффузионного слоя». Электронная компонента емкости ДЭС. Адсорбция органических веществ на сплавах.</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
8	<p>Кинетика</p>	<p>Плотность тока как мера скорости</p>	<p>ЭУМК</p>

	электродных процессов. Природа перенапряжения.	<p>электродной реакции. Поляризация электрода (Ленц, Савельев). Перенапряжения. Природа перенапряжения. Перенапряжение стадий перехода заряда, химической реакции, диффузии и кристаллизации. Энергия активации электродной реакции в условиях замедленного перехода заряда. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова-Фрумкина. Коэффициент переноса заряда, ток обмена, гетерогенная константа скорости. Вольтамперные характеристики, уравнение Батлера-Фольмера. Его асимптота при низких и высоких перенапряжениях. Влияние структуры ДЭС на кинетику стадии разряда-ионизации. Кажущийся ток обмена. Перенапряжение химической реакции. Гомогенный и гетерогенный химические процессы в электродной кинетике.</p>	<p>«Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
9	Основные электрохимические реакции	<p>Катодное выделение водорода. Основные маршруты реакции выделения водорода (Фольмер, Гейровский, Тафель). Влияние природы металла на перенапряжение процесса выделения водорода. Безбарьерный и безактивационный разряд иона гидроксония. Перенапряжение диффузии. Теория диффузионного перенапряжения. Предельный диффузионный ток. Зависимость тока от потенциала при стационарной диффузии к плоскому электроду. I и II законы Фика. Конвективная диффузия к вращающемуся дисковому электроду. Уравнение Левича для предельного диффузионного тока. Полярография. Восстановление молекулярного кислорода. Режим смешанной диффузионно-электрохимической кинетики. Способы выделения кинетического тока. Перенапряжение кристаллизации. Общие представления о термодинамике зародышеобразования. Особенности гетерогенной 2D- и 3D-нуклеации. Электрохимический и диффузионный режимы нуклеации. Электроосаждение металлов и сплавов. Анодное фазообразование</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>
10	Роль адсорбции в электродной кинетике	<p>Специфика поверхностных электродных реакций: роль адсорбции. Постановка общей адсорбционной проблемы в электродной кинетике. Нестационарные и стационарные кинетические изотермы. Приближение равновесной изотермы. Описание кинетики одноэлектронного перехода на границе</p>	<p>ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962</p>

		раздела металл/раствор в рамках ленгмюровской модели. Учет общего вида равновесной изотермы. Влияние структуры ДЭС на кинетику стадии перехода заряда.	
11	Сплавные электродные системы. Кинетика анодного растворения сплавов	Способы получения сплавов. Электроосаждение сплавов. Кинетика электрокристаллизации металлов и сплавов. Соосаждение компонентов сплава при «недонапряжении». Диаграммы Пурбе для металлов и сплавов. Потенциал бинарной гальванической системы. Смешанный потенциал. Электрохимическая макро-, микро- и нано- гетерогенность поверхности сплава. Термодинамические и кинетические предпосылки селективного растворения сплавов. Кинетика анодных процессов на металлах и сплавах. Методы определения скоростей парциальных процессов СР. Перенапряжение диффузии. Твердофазный массоперенос. Расчет концентрационного поля. Конвективная диффузия. Использование ВДЭСК для изучения селективного растворения сплавов. Нестационарные электрохимические методы изучения селективного растворения	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962
12	Фазовые превращения в поверхностном слое сплава. Пассивация сплавов	Неравновесный поверхностный слой сплава и его эволюция. Образование собственной фазы электроположительного компонента при СР сплавов. Кинетика поверхностных фазовых превращений. Псевдоселективное растворение. Пустотная нуклеация при анодном растворении металлов и сплавов. Морфология поверхности СР сплава. Концентрационные границы стойкости сплавов. Правило Таммана. Особенности СР в условиях образования труднорастворимых соединений. Солевая и оксидная пассивация и СР сплавов. Установление кинетики по данным вольтамперометрии и хроноамперометрии. Специфика оксидообразования на сплавных электродах. Разделение потоков оксидообразования, растворения оксида и растворения металла сквозь оксид методом хроноамперометрии ВДЭСК.	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962
13	Электрохимическая коррозия металлов и сплавов. Электродные процессы на сплавах с участием компонентов	Основы теории электрохимической коррозии металлов. Сопряженные анодно-катодные процессы в коррозии. Термодинамика процесса коррозии. Кинетика коррозии, диаграмма Эванса. Расчет тока и потенциала саморастворения из поляризационных кривых. Пассивность. Основные виды	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962

	раствора	<p>коррозионных поражений (язва, питтинг, коррозионное растрескивание). Ингибиторная защита. Анодная и катодная защита. Селективная и псевдоселективная коррозия сплавов. Виды селективных поражений. Расчет коэффициентов селективного растворения. Способы предупреждения селективной коррозии. Ингибирование СР сплавов. Особенности анодной и катодной защиты сплавов. Легирование. Анодное оксидирование сплавов. Основы электрохимической модификации поверхности сплавов. Коррозия железа и сталей в растворах электролитов. Нержавеющие стали. Электроокисление органических веществ на сплавах. Термодинамика и кинетика адсорбции соединений на сплавных электродах. Катодный процессы на многокомпонентных металлических системах. Интеркаляция катионов в металл с образованием сплава.</p>	
--	----------	--	--

12.5 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий			
		Индивидуальные занятия	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Равновесные физико-химические процессы в растворах электролитов	1	6	2	9
2	Ионные реакции	1	6	2	9
3	Ионный транспорт в растворах электролитов	1	6	2	9
4	Строение границ раздела заряженных фаз. Двойной электрический слой	2	6	2	10
5	Термодинамика равновесных электродных систем. Потенциал электрода	2	8	4	14
6	Равновесные электродные потенциалы. Электрохимические цепи	2	8	4	14
7	Строение ДЭС на металлах и сплавах	1	6	2	9
8	Кинетика электродных процессов. Природа перенапряжения	2	8	4	14
9	Основные электрохимические реакции	2	8	2	12

10	Роль адсорбции в электродной кинетике	1	6	2	9
11	Сплавные электродные системы. Кинетика анодного растворения сплавов	1	6	2	9
12	Фазовые превращения в поверхностном слое сплава. Пассивация сплавов	1	8	4	13
13	Электрохимическая коррозия металлов и сплавов. Электродные процессы на сплавах с участием компонентов раствора	1	8	4	13
Итого:		18	90	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение конспектов лекций, работа с литературой и подбор дополнительной литературы по теме научного исследования, подготовка ответов на вопросы, сообщений по теме. При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : учебник по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — 2-е изд., испр. и перераб. — М. : Химия : КолосС, 2006 .— 670 с.
2	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
3	Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. И.В. Семеновой. – М.: Физматлит, 2006. – 371 с

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов / Ю.Д. Гамбург. - М. : Янус-К, 1997. - 384 с.
5	Кеше Г. Коррозия металлов / Г. Кеше. – М.: Металлургия, 1984. – 282 с.
6	Маршаков И.К. Анодное растворение и селективная коррозия сплавов / И.К. Маршаков. – Воронеж: изд-во Воронеж. ун-та, 1988. – 205 с.
7	Термодинамика и коррозия сплавов / И.К. Маршаков [и др.] – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1983. – 167 с.
8	Фиошин М.Я. Электрохимические системы в синтезе химических продуктов / М.Я. Фиошин, М.Г. Смирнова. – М.: Химия, 1985. – 256 с.
9	Вячеславов П.М. Электролитическое осаждение сплавов. / П.М. Вячеславов. – М.: Машиностроение, 1977. – 292 с.
10	Феттер К. Электрохимическая кинетика / К. Феттер. - М.: Химия, 1967. - 855 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
20	Научная электронная библиотека — < http://www.elibrary.ru >
21	Электронная библиотека Воронежского госуниверситета —< http://www.lib.vsu.ru >
22	Официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Интернет - < http://www.chemnet.ru >
23	ЭУМК «Электрохимия (аспирантура)» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11962

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Введенский А.В. Кинетика электрохимических процессов : учебное пособие для вузов. Ч. 1. Стадия переноса заряда / А.В. Введенский, Н.Б. Морозова, Е.В. Бобринская ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— 117 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-135.pdf >.
2	Введенский А.В. Кинетика электрохимических процессов: учебное пособие для вузов. Ч. 2. Стадии диффузии и химической реакции / А.В. Введенский, Н.Б. Морозова, Е.В. Бобринская ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— 60 с.<URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-134.pdf >.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации дисциплины проводятся лекции, текущая аттестация в форме письменных контрольных работ, практические и лабораторные занятия.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудиторный фонд, мультимедийная техника, учебники и учебные пособия.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)

<p>УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>знать: современные достижения в области электрохимии</p> <p>уметь: выбирать модельные системы при решении исследовательских и практических задач в области современной электрохимии</p> <p>владеть навыками критического анализа современных достижений в электрохимии</p>	<p>1-13</p>	<p>Устный опрос, КИМ</p>
<p>УК-4 готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</p>	<p>знать: современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p> <p>уметь: использовать современные методы и технологии научной коммуникации в научно-исследовательской деятельности</p> <p>владеть навыками использования современных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p>	<p>1-13</p>	<p>Устный опрос, КИМ</p>
<p>ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>знать: теоретические основы современных электрохимических методов исследования систем, явлений и процессов,</p> <p>уметь: использовать современные методы исследования и информационные технологии в научно-исследовательской деятельности,</p> <p>владеть навыками интерпретации экспериментальных результатов в области электрохимии</p>	<p>1-13</p>	<p>Устный опрос, КИМ</p>
<p>ПК-3 способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности</p>	<p>знать: современные методы исследования электрохимических систем, явлений и процессов</p> <p>уметь: использовать информационные технологии для обработки экспериментальных данных</p> <p>владеть навыками выбора электрохимических методов исследований по тематике диссертации, проведения и интерпретации полученных результатов</p>		<p>Устный опрос, КИМ</p>

(научной специальности) 02.00.05 Электрохимия			
ПК-4 владение основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии)	<p>знать: базовые законы неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии</p> <p>уметь: использовать основные закономерности для интерпретации экспериментальных результатов в выбранной области научной деятельности</p> <p>владеть навыками применения базовых законов неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии для решения практических и экспериментальных задач в выбранной области научной деятельности</p>		Устный опрос, КИМ
ПК-5 владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владение навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических экспериментов	<p>уметь: грамотно выбирать подходящий метод получения и исследования требуемого материала</p> <p>владеть навыками проведения химического и электрохимического эксперимента с использованием современного оборудования</p>	1-13	Устный опрос, КИМ
Промежуточная аттестация			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание теоретических основ дисциплины;

- 2) владение современными электрохимическими методами исследования систем, явлений и процессов;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) способность находить решения нестандартных научных задач по обсуждаемой проблеме.
- 5) владение математическим аппаратом, применяемым в электрохимии.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется количественная шкала оценивания. Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимии.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано владение теоретической базой дисциплины. Обучающийся допускает ошибки при определении основных терминов электрохимии, сомневается в выборе электрохимических методов исследования.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания теоретических основ физической химии, имеет не полное представление о методах электрохимических исследований, допускает существенные ошибки при интерпретации экспериментальных результатов и решении практических задач.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в области электрохимии, допускает грубые ошибки при интерпретации экспериментальных результатов и практических задач.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

Комплект КИМ

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия
Дисциплина Электрохимия
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №1

1. Основные положения теории электролитической диссоциации. ион-ионные, ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия. классификация электролитов.
2. Причины возникновения внутренней контактной разности потенциалов (осмотическая теория Нернста, гидратационная теория Писаржевского-Изларышева, кинетическая теория Герни).

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия
Дисциплина Электрохимия
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №2

1. Теория Дебая-Хюккеля.
2. Удельная, молярная и эквивалентная электропроводность.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия
Дисциплина Электрохимия
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №3

1. Протолитическое и автопротолитическое равновесия. Водородный показатель.
2. Классификация электродных равновесных систем. Электрод I рода. Уравнение Нернста..

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия
Дисциплина Электрохимия
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №4

1. Физическая природа вольта- и гальвани-потенциала. Концепция электронного межфазного равновесия. Электродный потенциал.
2. Коэффициент переноса заряда, ток обмена, гетерогенная константа скорости.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия

Дисциплина Электрохимия

Форма обучения очное

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №5

1. Особенности строения ДЭС на твердых электродах. Сравнительные данные о строении двойного электрического слоя на границе металл/электролит и сплав/электролит.
2. Термодинамические и кинетические предпосылки селективного растворения сплавов.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.06.01 Химия

Дисциплина Электрохимия

Форма обучения очное

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №6

1. Электрофоретическое и релаксационное торможение. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена.
2. Концентрационные цепи I и II рода без переноса. Сдвоенные концентрационные и химические цепи. простые и сложные химические цепи.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме *индивидуального опроса*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.