МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и неорганической химии
Кафедра аналитической химии
Кафедра физической и коллоидной химии

УТВЕРЖДАЮ:
_____
Декан химического факультета
«17» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля) - **Б1.В.06 Теоретическая и прикладная электрохимия**

Направление подготовки - **04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки - **Научно-технологический**

Квалификация выпускника - магистр

Форма обучения - очная

Согласовано с УМК химического факультета Протокол № 6 от «17» мая 2021 г. Председатель _____ А. И. Вильмс	Рекомендовано кафедрами общей и неорганической химии, аналитической химии, физической и коллоидной химии: протокол № 6 от «13» мая 2021г. Зав. кафедрой _____ А. Ю. Сафронов протокол № 4 от «10» апреля 2021г. Зав. кафедрой _____ А. Г. Пройдаков протокол № 6 от «12» мая 2021г. Зав. кафедрой _____ А. Ф. Шмидт

Иркутск 2021г.

Содержание

		стр.
1.	Цели и задачи дисциплины	3
2.	Место дисциплины в структуре ОПОП.	3
3.	Требования к результатам освоения дисциплины	3
4.	Содержание и структура дисциплины	5
	4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам	5
	4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
	4.3 Содержание учебного материала	8
	4.3.1 Перечень семинарских занятий и лабораторных работ	10
	4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов)	11
	4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	11
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	12
	а) основная литература;	12
	б) дополнительная литература;	12
	в) список авторских методических разработок;	12
	г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	12
6.	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	13
7.	Образовательные технологии	14
8.	Оценочные средства (ОС)	15

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель: овладение студентами теоретическими основами электрохимии, возможностями, областью применения и электрохимической аппаратурой, навыками практического использования вольтамперометрических методов анализа и исследования для решения фундаментальных и аналитических задач.

Задачи:

a) ознакомить студентов химического факультета с теоретическими основами базовых и прикладных разделов электрохимии;
b) освоить основные закономерности протекания различных типов химических и биохимических реакций в условиях электрохимической поляризации;
c) овладеть приемами работы в различных направлениях вольтамперометрии с использованием различных видов электродов на современном оборудовании.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:

Дисциплина «Теоретическая и прикладная электрохимия» относится к базовым дисциплинам обязательной части (Б1.В.06).

Современная электрохимия базируется на знании основных законов общей, аналитической и физической химии, координационной и неорганической химии, биохимии, методов математической статистики, знании органической и бионеорганической химии и некоторых разделов физики.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному *направлению подготовки 04.04.01 «Химия»*.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения

ПК-4 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	*ИДК $_{ПК-4,1}$* Проводит экспериментальные исследования по заданной теме в выбранной области химии *ИДК$_{ПК-4.2}$* Проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии *ИДК$_{ПК-4.3}$* Управляет высокотехнологичным химическим оборудованием	**Владеть:** навыками проведения экспериментов на сложном высокотехнологичном электрохимическом оборудовании. **Знать:** правила составления протоколов электрохимических экспериментов и отчетов при исследовании. **Уметь**: проводить обработку результатов экспериментальных и расчётно-теоретических электрохимических исследований, представлять результаты экспериментов и расчётов в форме отчета или заготовки для научной статьи.
ПК-5 Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	*ИДК$_{ПК-5.2}$* Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов *ИДК$_{ПК-5.3}$* Анализирует результаты испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции; оценивает степень их соответствия нормативным документам (стандартам и технологическим регламентам)	**Владеть**: навыками работы с современными пакетами баз данных и программ для ведения электрохимических исследований объектов и систем, представляющих практический интерес. **Знать**: все основные законы и закономерности, описывающие электрохимические системы и определяющие их поведение и свойства. **Уметь:** использовать багаж знаний теоретических основ электрохимии при анализе полученных экспериментальных результатов для решения конкретных химических задач применительно к конкретным объектам исследования.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа,
в том числе 0.75 зачетных единиц, 27 часов на экзамен.

Форма промежуточной аттестации: ***экзамен***

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
			Лекции	Лабораторные и **практические занятия**	КСР + консультации		
1	Равновесная электрохимия и уравнение Нернста	2	5	12		4	Проверка отчетов по лабораторным работам, практические задания
2	Электродная кинетика	2	6	6	1	4	Защита лабораторной работы
3	Диффузия	2	4	3			
4	Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	2	3	12	2	6	Проверка отчетов по лабораторным работам, практические задания
5	Вольтамперометрические методы анализа	2	16	18	2	8	Проверка отчетов по лабораторным работам, практические

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
							задания
6	Типы электродов, используемых в вольтамперометрических методах анализа и исследований	2	2	3			Проверка отчетов по лабораторным работам, практические задания
10	**Экзамен**						
Итого часов			**36**	**54**	**5**	**22**	Экзамен

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
2	Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	Самостоятельная проработка некоторых разделов темы, подготовка отчётов по лабораторным работам	апрель-май	6	Защита отчётов по лабораторным работам	Теоретическая и прикладная вольтамперометрия: учеб. пособие (сост. А.Ю.Сафронов, А.В.Кашевский) – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015.- 224 с.
2	Вольтамперометрические методы анализа	Подготовка отчётов по лабораторным работам, решение задач	февраль-март	8	Проверка отчета по работе. Устное собеседование	См. основную и дополнительную литературу

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
2	Электродная кинетика	Самостоятельная проработка некоторых разделов темы, подготовка отчётов по лабораторным работам	март-апрель	4	Защита отчётов по лабораторным работам	Теоретическая и прикладная вольтамперометрия: учеб. пособие (сост. А.Ю.Сафронов, А.В.Кашевский) – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015.- 224 с.
2	Равновесная электрохимия. Уравнение Нернста.	Подготовка отчётов по лабораторным работам	март-апрель	4	Проверка отчета по работе.	См. основную и дополнительную литературу
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				**22**		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				**22**		

4.3 Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИИ

РАВНОВЕСНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Химическое равновесие. Фундаментальная термодинамика электрохимических процессов. Электрохимическое равновесие: электронный перенос на границе раздела раствор-электрод.

УРАВНЕНИЕ НЕРНСТА

Электрохимическое равновесие: уравнение Нернста. Электроды сравнения и измерение электродных потенциалов. Водородный электрод как электрод сравнения. Стандартные электродные потенциалы и формальные (равновесные) потенциалы. Формальные потенциалы и экспериментальная вольтамперометрия. Электродные процессы: кинетика против термодинамики.

ЭЛЕКТРОДНАЯ КИНЕТИКА

Токи и реакционный поток. Изучение электродной кинетики требует наличия трех электродов. Кинетика Батлера-Фольмера. Стандартные электрохимические константы скорости и формальные потенциалы. Необходимость использования фонового электролита. Закон Тафеля. Процессы многостадийного электронного переноса. Тафелевский анализ и реакция выделения водорода.

ТЕОРИЯ МАРКУСА

Почему одни стандартные электрохимические константы скорости – большие (быстрые), а другие – медленные? Теория электронного переноса Маркуса: введение. Теория Маркуса: внутри- и внешнесферный электронный перенос. Теория Маркуса: адиабатические и неадиабатические реакции. Теория Маркуса: расчёты гиббсовской энергии активации. Взаимоотношения между теорией Маркуса и кинетикой Батлера-Фольмера. Теория Маркуса и эксперимент. Успех!

ДИФФУЗИЯ

Первый закон диффузии Фика. Второй закон диффузии Фика. Молекулярные основы законов Фика. Уравнение Коттрелла: решая второй закон Фика. Проблема Коттрелла:

случай не равных коэффициентов диффузии. Диффузионный слой Нернста. Массоперенос против электродной кинетики: формы стационарных волн ток-потенциал. Массоперенос поправил тафелевские взаимодействия.

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ НА МАКРОЭЛЕКТРОДАХ

Циклическая вольтамперометрия: эксперимент. Решая уравнения переноса. Обратимая и необратимая кинетика. Что диктует «обратимое» и «необратимое» поведение? Обратимое и необратимое поведение: эффект скорости развёртки потенциала. Обратимая против необратимой вольтамперометрии: итог. Измерение циклических вольтамперограмм: три практических размышления. Эффект неравенства коэффициентов диффузии. Многоэлектронный перенос: обратимая электродная кинетика. Многоэлектронный перенос: необратимая электродная кинетика. Влияние pH на циклическую вольтамперометрию. Схема квадратов.

2. ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

КЛАССИЧЕСКАЯ ПОЛЯРОГРАФИЯ

Принцип метода классической полярографии. Принципиальная схема установки. Вольтамперная кривая и её дешифровка. Виды токов: фарадеевский, ёмкостный, диффузионный, миграционный, конвекционный. Условия их возникновения.Фоновый электролит: состав и его роль при вольтамперометрических исследованиях. Качественный полярографический анализ. Потенциал полуволны. Полярографический спектр. Количественный полярографический анализ. Уравнение Ильковича. Способы определения концентрации деполяризатора в растворе. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока: ёмкостный ток, растворённый кислород, температура, период капания РКЭ, максимумы I и II рода. Уравнение обратимой катодной полярографической волны (уравнение Гейровского-Ильковича). Определения величины потенциала полуволны и количества электронов, участвующих в электрохимическом процессе. Обратимые, квазиобратимые и необратимые электрохимические процессы. Вид вольтамперных кривых. Полярографическое исследование процесс комплексообразования. Способы определения состава комплексных частиц и констант устойчивости. Типы токов, измеряемых в вольтамперометрии: токи адсорбции, кинетические и каталитические токи. Условия их возникновения. Факторы, влияющие на их величину. Использование в аналитической практике. Полярографическое исследование органических соединений. Основные закономерности восстановления органических веществ на РКЭ. Фоновые электролиты. Исследование стехиометрии при электрохимическом восстановление органических веществ: определение количества электронов и протонов. Полярографическое исследование полимеров.

РАЗНОСТНАЯ ПОЛЯРОГРАФИЯ

Принципиальная схема установки, принцип метода. Вид вольтамперной кривой.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ПОЛЯРОГРАФИЯ

Способы дифференцирования вольтамперной кривой: расчётный способ, способ Гейровского, способ электрического дифференцирования (конденсаторный). Схемы установки. Вид вольтамперной кривой. Преимущества перед классической полярографией. Чувствительность и разрешающая способность метода.

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКАЯ ПОЛЯРОГРАФИЯ

Принципиальная схема установки. Вид вольтамперной кривой. Уравнение Рэндлса-Шевчика. Условия регистрации вольтамперной кривой. Исследование степени обратимости электрохимического процесса. Условие, ограничивающее использование осциллографической полярографии. Чувствительность и разрешающая способность метода. Осциллографическая полярографии с наложением переменного тока. Принцип метода. Вид вольтамперной кривой.

ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ

Катодная, анодная и адсорбционная инверсионная вольтамперометрия. Принцип метода. Стадии проведения анализа. Вид вольтамперной кривой. Использование в аналитической практике. Чувствительность и разрешающая способность методов.

ИМПУЛЬСНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛЯРОГРАФИИ

Импульсная полярография: нормальная и дифференциальная. Принцип метода. Условия проведения измерения величины тока. Виды вольтамперных кривых. Чувствительность и разрешающая способность методов. Полярография переменного тока: синусоидальная и квадратноволновая. Принцип метода. Вид вольтамперной кривой. Чувствительность и разрешающая способность методов.

ХРОНОПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

Принцип метода, использование в аналитической практике. Вид хронотенциограммы, переходное время. Уравнение Санда. Инверсионная хронопотенциометрия и её применение в аналитической практике.

МЕТОД ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОДА
Принцип метода, уравнение Левича. Области использования метода. Вращающейся дисковый электрод с кольцом.

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
Амперометрическое титрование. Принцип метода. Типы реакций, используемых при титровании. Виды кривых титрования. Дифференцированное амперометрическое титрование и его использование в анализе смеси веществ.

ТИПЫ ЭЛЕКТРОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ
Классификация электродов: жидкие, твердые, амальгамные, модифицированные. Области применения, основные характеристики.

4.3.1 Перечень семинарских занятий и лабораторных работ

№№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
	Вольтамперометрические методы анализа	Лабораторная работа «Качественное и количественное определение металлов в смеси методом полярографии переменного тока»	4	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Вольтамперометрические методы анализа	Лабораторная работа «Определение молибдена в растворе по каталитическим токам в присутствии нитрат-иона»	4	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Вольтамперометрические методы анализа	Лабораторная работа «Полярографическое исследование процесса комплексообразования в системе Cd^{2+}/J^{-}»	4	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Вольтамперометрические методы анализа	Лабораторная работа «Амперометрическое определение содержания глюконата кальция в его медицинском препарате»	4	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Вольтамперометрические методы анализа	Решение задач	2	Контрольная работа по задачам	ПК-5.2 ПК-5.3
	Равновесная электрохимия. Уравнение Нернста.	Лабораторная работа «Определение pH гидратообразования»	6	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Диффузия. Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах.	Лабораторная работа «Исследование ферроцианида методом циклической вольтамперометрии»	6	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Равновесная электрохимия.	Лабораторная работа «Исследование электрической проводимости в системе органический растворитель–	6	Устное собеседование, отчёт по ЛР	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3

		вода»			
	Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	Лабораторная работа «Приготовление фонового электролита и измерение фоновых вольтамперных кривых»	6	Защита отчёта	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Типы электродов, используемых в вольтамперометрических методах анализа и исследований	Лабораторная работа «Получение модифицирующего электрохимического покрытия на поверхности электрода»	3	Защита отчёта	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Электродная кинетика	Лабораторная работа «Электрохимические свойства гексацианоферрата (+3) калия»	6	Защита отчёта	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	Практическая работа «Оборудование, исходные вещества, приготовление растворов, обработка результатов»	3	Устное собеседование, отчёт по ПР	ПК-5.2 ПК-5.3

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов)

№№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Вольтамперометрические методы анализа	Написание отчетов по лабораторным работам, решение задач.	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.2; ПК-5.3
2	Равновесная электрохимия. Уравнение Нернста.	Написание отчетов по лабораторным работам	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.2; ПК-5.3
3	Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	Написание отчетов по лабораторным работам.	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.2; ПК-5.3
4	Электродная кинетика	Написание и защита отчетов по лабораторным работам.	ПК-4, ПК-5	ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.2; ПК-5.3

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде решения задач и подготовки к семинарам, проводится во внеаудиторное время.

Структура отчета по лабораторной работе:

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть.
3. Выполнение расчетных, графических и контрольных заданий в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению и обработке экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических указаниях (см. выше).

Примеры решения типовых задач представлены в рекомендуемых учебных пособиях и задачниках.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Теоретическая и прикладная вольтамперометрия: учеб. пособие (сост. А.Ю.Сафронов, А.В.Кашевский) – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015.- 224 с.
2. Г. Хенце. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы аналитическая практика. (Электронный ресурс). М.: «Бином», Лаборатория Знаний. 2014. Режим доступа: ЭБС, «Издательство Лань».
3. Лебухов В.И.. Окара А.И., Павлюченко Л.П. Физико-химические методы исследования: учеб. для подготовки бакалавров и магистров. СПб.: Лань, 2012
4. Вольтамперометрические методы анализа и исследования: учеб. пособие (сост. Д.А.Матвеев, Н.Ф.Апрелкова) - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2020.- 129 с.

б) дополнительная литература

1. Г. Хенце. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы аналитическая практика. М.: «Бином», Лаборатория Знаний. 2008.

Сверено с НБ ИГУ
Дата, подпись

в) список авторских методических разработок:

1. Теоретическая и прикладная вольтамперометрия: учеб. пособие (сост. А.Ю.Сафронов, А.В.Кашевский) – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015.- 224 с.
2. Вольтамперометрические методы анализа и исследования: учеб. пособие (сост. Д.А.Матвеев, Н.Ф.Апрелкова) - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2020.- 129 с.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. www.bourevestnik.ru/catalogue/item.29.html
2. www.mirrabot.com/work/work_69079.html
3. www.anchem.ru/.../books/asdv-2004/087.asl
4. www.chem-astu.ru/chair/stud/PCMA/ч2_4_1.htm
5. www.techob.ru/?act=analize

VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 402, 426, 303); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready)), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU;
- лабораторные практикумы (ауд. 303а, лаб. 205), оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Анализатор вольтамперометрический АВС 1.1.	1
2.	Полярограф LP-9.	1
3.	Полярограф универсальный ПУ-1	1
4.	Полярограф универсальный ПУ-1 с интерфейсным блоком	1
5.	Полярограф LP-60	1
6.	Полярограф осциллографический ПО 5122	1
7.	Потенциостат IPC-proM	1
8.	Потенциостат ЕР 20 А	2
9.	Осциллоскоп LP-600	1
10.	Амперометрический титратор	1
11.	pH- метр – иономер «Эксперт-001»	1
12.	Весы аналитические Сарто ГОСМ ЛВ 210 А	1
13.	Сушильный шкаф	1
14.	Центрифуга	1
15.	Компьютер	3
16.	Мерные колбы на 25, 50, 100 мл	
17.	Мерные пипетки	
18.	Кварцевые тигли, стаканы	10
19.	Тигли из стеклоуглерода	10
20.	3-электродные электрохимические ячейки	3

21.	Установка для вращающегося дискового электрода	1
22.	Потенциостат-гальваностат P-30J	1
23.	Титратор фишера Эксперт-007М	1
24.	Водяная баня тип LW-4	1
25.	Универсальный ультратермостат UTU	1
26.	Потенциометр/pH-метр Hanna	1
27.	Платиновый электрод	2
28.	Хлорсеребряный электрод	2
29.	Стеклянный электрод	2
30.	Лабораторные весы (0.001 г)	1

6.2. Программное обеспечение:

Программа по регистрации вольтамперных кривых Grafit -2 и ABC-1.1

VII.ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Теоретическая и прикладная электрохимия» используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративных обсуждений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-

ориентированного обучения, лекции, контрольные и лабораторные работы, семинары-коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций, решение ситуационных задач, решение тематических электрохимических задач.

Активные формы обучения. На лабораторных занятиях, которые составляют более половины от контактной работы, каждый студент выполняет лабораторную работу либо индивидуально, либо в небольшой группе. Такой вид организации обучения способствует приобретению навыков самостоятельного ведения экспериментальных работ, практических навыков обращения и работы с различными химическими веществами и лабораторным оборудованием, измерительной аппаратурой, организации методики экспериментальных работ, составления протоколов будущих отчетов об электрохимических экспериментах, а также практического подтверждения теоретических положений электрохимии о свойствах и поведении веществ и систем. Подготовка отчетов по каждой лабораторной работе формирует умение проводить первичный анализ результатов с учетом законов и закономерностей, формулируемых в рамках теоретической и прикладной электрохимии, представлять результаты опытов и расчетных работ, грамотно формулировать выводы.

Закрепление теоретических положений электрохимии (основных законов и закономерностей) проводится в виде интерактивного обучения – дискуссионных семинаров и решения расчетных задач.

Наименование тем занятий с использованием интерактивных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Вольтамперометрические методы анализа	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / семинар	18
2	Равновесная электрохимия. Уравнение Нернста	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / семинар	12
3	Диффузия. Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия / семинар	15
4	Электродная кинетика	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия	6
5	Типы электродов, используемых в вольтамперометрических методах анализа и исследований	лабораторные/ практические	Групповая дискуссия	3
Итого часов				**54**

VIII.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы (ОМ):

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе ФГБОУ ВО «ИГУ». Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций:

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР.	Электродная кинетика	ПК-4, ПК-5
2	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР. Участие в дискуссиях на практическом занятии.	Типы электродов, используемых в вольтамперометрических методах анализа и исследований	ПК-4, ПК-5
3	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР	Вольтамперометрические методы анализа	ПК-4, ПК-5
4	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР	Диффузия. Циклическая вольтамперометрия на макроэлектродах	ПК-4, ПК-5
5	Выполнение лабораторных работ. Отчет по ЛР	Равновесная электрохимия. Уравнение Нернста.	ПК-4, ПК-5

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе ФГБОУ ВО «ИГУ» и состоит из четырёх последовательных форм: 3 *экзамена* по практической части курса и теоретический *экзамен.* Общая оценка включает в себя четыре оценки равной значимости и отражает результаты работы студента в течение семестра. Для получения оценки экзамена по практической части студенту необходимо: перед выполнением лабораторной работы пройти устное собеседование с преподавателем по данной теме, вовремя сдать преподавателю практикума все отчёты по лабораторным работам, проведённым в учебном практикуме согласно учебному плану и рабочей программе, представить и защитить свои экспериментальные результаты, участвуя в общей дискуссии; решить контрольные задачи по вольтамперометрическим методам анализа. Экзамены по практической части являются обязательной промежуточной формой аттестации и служит допуском студента к теоретическому экзамену по дисциплине. Теоретический экзамен проводится во время сессии в форме устного собеседования или компьютерного тестирования.

ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ ЭКЗАМЕНУ:

РАВНОВЕСНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Химическое равновесие. Фундаментальная термодинамика электрохимических процессов. Электрохимическое равновесие: электронный перенос на границе раздела раствор-электрод.

УРАВНЕНИЕ НЕРНСТА

Электрохимическое равновесие: уравнение Нернста. Электроды сравнения и измерение электродных потенциалов. Водородный электрод как электрод сравнения. Стандартные электродные потенциалы и формальные (равновесные) потенциалы. Формальные потенциалы и экспериментальная вольтамперометрия. Электродные процессы: кинетика против термодинамики.

ЭЛЕКТРОДНАЯ КИНЕТИКА

Токи и реакционный поток. Изучение электродной кинетики требует наличия трех электродов. Кинетика Батлера-Фольмера. Стандартные электрохимические константы скорости и формальные потенциалы. Необходимость использования фонового электролита. Закон Тафеля. Процессы многостадийного электронного переноса. Тафелевский анализ и реакция выделения водорода.

ТЕОРИЯ МАРКУСА

Почему одни стандартные электрохимические константы скорости – большие (быстрые), а другие – медленные? Теория электронного переноса Маркуса: введение. Теория Маркуса: внутри- и внешнесферный электронный перенос. Теория Маркуса: адиабатические и неадиабатические реакции. Теория Маркуса: расчёты гиббсовской энергии активации. Взаимоотношения между теорией Маркуса и кинетикой Батлера-Фольмера. Теория Маркуса и эксперимент. Успех!

ДИФФУЗИЯ

Первый закон диффузии Фика. Второй закон диффузии Фика. Молекулярные основы законов Фика. Уравнение Коттрелла: решая второй закон Фика. Проблема Коттрелла:

случай не равных коэффициентов диффузии. Диффузионный слой Нернста. Массоперенос против электродной кинетики: формы стационарных волн ток-потенциал. Массоперенос поправил тафелевские взаимодействия.

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ НА МАКРОЭЛЕКТРОДАХ

Циклическая вольтамперометрия: эксперимент. Решая уравнения переноса. Обратимая и необратимая кинетика. Что диктует «обратимое» и «необратимое» поведение? Обратимое и необратимое поведение: эффект скорости развёртки потенциала. Обратимая против необратимой вольтамперометрии: итог. Измерение циклических вольтамперограмм: три практических размышления. Эффект неравенства коэффициентов диффузии. Многоэлектронный перенос: обратимая электродная кинетика. Многоэлектронный перенос: необратимая электродная кинетика. Влияние pH на циклическую вольтамперометрию. Схема квадратов.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	**Результаты обучения (знать, уметь, владеть)**	**Процедура оценивания**
ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	**Владеет:** навыками проведения экспериментов на сложном высокотехнологичном электрохимическом оборудовании.	Выполнение практических работ. Отчеты по лабораторным работам.
	Знает: правила составления протоколов электрохимических экспериментов и отчетов при исследовании.	Выполнение практических работ. Протоколы. Отчеты по лабораторным работам.
	Умеет: проводить обработку результатов экспериментальных и расчётно-теоретических электрохимических исследований, представлять результаты экспериментов и расчётов в форме отчета или заготовки для научной статьи.	Отчеты по лабораторным работам.
ПК-5.2 ПК-5.3	**Владеет**: навыками работы с современными пакетами баз данных и программ для ведения электрохимических исследований объектов и систем, представляющих практический интерес.	Выполнение практических работ. Протоколы. Отчеты по лабораторным работам.
	Знает: все основные законы и закономерности, описывающие электрохимические системы и определяющие их поведение и свойства.	Отчеты по лабораторным работам. Участие в дискуссиях на семинарских занятиях. Результаты написания контрольных работ.
	Умеет: использовать багаж знаний теоретических основ электрохимии при анализе полученных экспериментальных результатов для решения конкретных химических задач применительно к конкретным объектам исследования.	Отчеты по лабораторным работам. Участие в дискуссиях на семинарских занятиях. Результаты написания контрольных работ и проверочных тестов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

1. Студенту необходимо выполнить: 3 лабораторные работы по равновесной электрохимии и диффузии, 3 лабораторные работы по теоретической вольтамперометрии, 4 лабораторные работы по вольтамперометрическим методам анализа, а также 1 практическую работу и 1 контрольную работу по решению задач (см. Табл. 4.3.1). При выполнении лабораторных работ оценивается техника выполнения ЛР, оформление протоколов. Отчеты по ЛР, включающие расчеты термодинамических и физических величин, в некоторых случаях защищаются студентами, представление материала оценивается.
2. Предусмотрено 5 тем для проведения семинарских занятий по теоретическим вопросам вольтамперометрического анализа. Количество семинарских занятий по каждой теме определяется её сложностью и объёмом теоретического материала. Оценивается активность участия студента в обсуждении и степень понимания и усвоения обсуждаемого материала.
3. Главными результатами оценки обучения студента в учебном семестре является получение четырёх равнозначных оценок: за три практические части изучаемой дисциплины и теоретический курс. Оценки выставляются в четыре промежуточные ведомости четырьмя преподавателями по общепринятой шкале оценок «отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно». Итоговая оценка выводится как средняя из четырёх положительных оценок. При наличии у студента в четырёх ведомостях хоть одной оценки «неудовлетворительно», экзамен считается несданным с итоговой оценкой «неудовлетворительно».

4. Итоговая экзаменационная оценка должна соответствовать следующим критериям:

Оценка «отлично»:

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

Оценка «хорошо»:

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач.

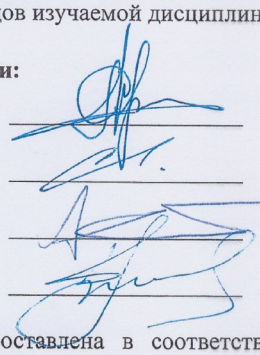
Оценка «удовлетворительно»:

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

Оценка «неудовлетворительно»:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач.

Разработчики:



_____ д.х.н, профессор А. Ю. Сафронов

_____ д.х.н, профессор Д. С. Суслов

_____ к.х.н, доцент А. В. Кашевский

_____ к.х.н, доцент Д. А. Матвеев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.04.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и неорганической химии
«13» мая 2021 г.

Протокол № 6 Зав. кафедрой _____ /А. Ю. Сафронов/

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии
«12» мая 2021 г.

Протокол № 6 Зав. кафедрой _____ /А. Ф. Шмидт/

Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии
«10» апреля 2021 г.

Протокол № 4 Зав. кафедрой _____ /А. Г. Пройдаков/

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.