

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 17.06.2025 14:39:52 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Электрохимические методы исследования" по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" направленности (профилю) Химия материалов ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Электрохимические методы исследования

Направление подготовки (специальность)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)

Химия материалов

Присваиваемая квалификация (степень)

Химик. Преподаватель химии.

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2025

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2025 г.

04.05.01, Химия материалов, Фундаментальная и прикладная химия, Электрохимические методы исследования, 2025 год набора, очная форма обучения

Проректор по учебной работе

утверждено 24.02.25

А.А. Саламатов

Ученым советом химического факультета

Протокол заседания № 6 от 14.02.2025

Председатель Ученого совета

химического факультета

СОГЛАСОВАНО

В. А. Бурмистров

Заседанием кафедры аналитической и физической химии

Протокол заседания № 5 от 07.02.2025

Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО

А.В. Колесников

Автор (составитель)

Е.И. Агеев

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрохимия играет важную роль в современном промышленном производстве. Эффективное использование электрохимических процессов в промышленных технологиях, производствах без изучения кинетики электрохимических реакции практически не возможна. А это, в свою очередь, требует освоения современных методов исследования электрохимических реакций.

Поэтому целью освоения дисциплины «Электрохимические методы исследования» является изучение теоретических основ методов исследования кинетики и механизмов электрохимических реакций, практическое освоение этих методов

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение следующих индикаторов:

ОПК-1.3. Имеет навыки интерпретации и обобщения результатов практических и теоретических исследований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.1.16

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Аналитическая химия

Математика

Учебная практика (ознакомительная практика)

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Лабораторный практикум по ионометрии и органическим реагентам

Производственная практика (преддипломная практика)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Современные методы химической экспертизы

Ионометрия

Основы цинкового производства

Физическая химия

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

Знать:

принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов

Уметь:

проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на типовом научном оборудовании

Владеть:

теоретическими основами и практическими навыками работы на типовом научном оборудовании

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:

3.1.1 принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов

3.2 Уметь:

3.2.1 проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на типовом научном оборудовании

3.3 Владеть:

3.3.1 теоретическими основами и практическими навыками работы на типовом научном оборудовании



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость		2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72	Виды контроля в семестрах: зачеты 5
в том числе		
аудиторные занятия	36	
самостоятельная работа	32,5	
контактная работа:	39,5	
ИКР:	3,5	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Постановка электрохимического эксперимента			
1.1	Принципы работы электронных потенциостатов и современных лабораторных комплексов, сопряженных с персональными компьютерами /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2
1.2	Основные общие принципы работы приборного оборудования.принципы осуществления контроля тока и потенциала в электрохимическом эксперименте. Электрические схемы /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э4
1.3	Классификация электрохимических методов исследования электродных процессов по механизму /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э5
1.4	Классификация электрохимических методов исследования и электродных процессов по механизму их протекания. Требования к электрохимическому эксперименту, рабочему, вспомогательному электродам, электроду сравнения, электролиту /Ср/	5	10,5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э3
	Раздел 2. Метод стационарных поляризационных кривых			
2.1	Кинетика электрохимических реакций с медленной стадией переноса n электронов в одну стадию /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э2 Э3
2.2	Графические зависимости поляризационных кривых при медленной стадии последовательного переноса нескольких электронов /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2
2.3	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для смешанной кинетики: случай медленной стадии разряда и диффузии /Лек/	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э3
2.4	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых при замедленной стадии /Лек/	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э4 Э5
2.5	Различные константы скорости электрохимической стадии: абсолютная гетерогенная константа скорости, гетерогенная константа скорости, измеряемая гетерогенная константа скорости. /Ср/	5	10	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э2
	Раздел 3. Релаксационные методы исследования кинетики электродных			
3.1	Потенциостатический импульсный метод (хроноамперометрия) /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э3
3.2	Гальваностатический импульсный метод (хронопотенциометрия) /Лек/	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1



3.3	Хроновольтамперометрия Циклические методы /Лек/	5	6	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э3
3.4	Метод переменного тока /Лек/	5	2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э3
3.5	Общие принципы исследования механизма сложных многостадийных электрохимических процессов /Лек/	5	4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2
3.6	Хроноамперометрия в условиях ограниченной области диффузии. /Ср/	5	12	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э3
Раздел 4. Иная контактная работа				
4.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	5	3,5	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Собеседование,
Вопросы к зачету

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Методы исследования электрохимических реакций: стационарные и динамические.
Диффузионная поляризация электродных процессов. Уравнение Нернста.
Основные механизмы протонной проводимости.
Двойной электрический слой. Теория строения двойного электрического слоя.
Активность. Коэффициент активности

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

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



процесса.

23. Каким образом методом ВДЭ можно одновременно определить скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций?

24. Метод ВДЭ с кольцом.

25. Стационарные методы исследования в электрохимии.

26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела.

27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности.

28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова.

29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод).

30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.

31. Импеданс Варбурга.

32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных.

33. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений.

6.4. Критерии оценивания

Зачет проходит в виде устного опроса: знание основных методов исследования (10 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, лежащих в основе методов исследования, пределы их применимости, практическая значимость (10 баллов).

при проведении промежуточной аттестации:

ответ на «зачтено» оценивается от 15 до 30 баллов;

ответ на «не зачтено» от 0 до 14 баллов.

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

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Лукомский Ю. Я., Гамбург Ю. Д.	Физико-химические основы электрохимии: учебник для вузов	Долгопрудный: Интеллект, 2008	
Л1.2	Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А.	Электрохимия: учебное пособие для вузов	Санкт- Петербург [и др.]: Лань, 2015	

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Козадеров О. А., Введенский А. В.	Современные химические источники тока (https://e.lanbook.com/book/212777)	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л3.1	Плэмбек Дж., Майрановский С. Г., Кахан Б. Г.	Электрохимические методы анализа: основы теории и применение	Москва : Мир, 1985	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный https://apps.webofknowledge.com			
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (https://elibrary.ru/defaultx.asp?) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: https://elibrary.ru . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный. http://www.elibrary.ru			
Э3	Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: http://www.scopus.com/ . – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный. https://www.scopus.com			
Э4	Президентская библиотека : электронная национальная библиотека : сайт / ФГБУ Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина. – СанктПетербург, 2009 – . – URL: https://www.prilib.ru/ . – Текст : электронный. https://www.prilib.ru/			
Э5	Национальная электронная библиотека (НЭБ) : объединенный электронный каталог фондов российских библиотек : сайт. – URL: http://нэб.рф . – Режим доступа: из читальных залов библиотеки ЧелГУ. – Текст : электронный. https://rusneb.ru/			



7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

LibreOffice

Adobe Reader

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных

работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для

самостоятельной работы.

Основное оборудование: учебная мебель, рабочие места на 50 человек, доска ученическая обычная, настенная.

Мультимедийное оборудование: EPSON EB X41, экран с электроприводом Lumen, активная акустическая система Microlab

solo-6c, персональный компьютер.

Учебно-наглядные пособия: мультимедийная презентация, периодическая система Д.И.Менделеева

Программное обеспечение:

MS Windows XP Professional SP2 для ВУЗов. Лицензии бессрочные. Гос. Контракт № 300 от 08.10.2008г.

MS Office 2007. Лицензии бессрочные. Лицензия № 44664774 от 09.04.2008г

ПО «Антивирус Касперского» Лицензионный договор № 1013/К-2773 от 11.12.2017г.

2. Помещение для самостоятельной работы

Оснащенность: Специализированная эргономичная мебель для работы за компьютером. Автоматизированные рабочие места

на 11 обучающихся, 1 преподавателя. 12 ПК с лицензионным программным обеспечением. Магнитно- маркерная доска.

Интерактивная доска SMARTBoard 660 диагональ 64"/162/6см. Проектор INFOCUS IN 36. Акустическая система 2.0 Sven

SPS-678.

читальный зал № 1

Оснащенность: Количество посадочных мест – 50. 5 персональных компьютеров с подключением в сеть «Интернет», неограниченный доступ к ЭБС и БД.

Учебная мебель, кондиционер

информационно-библиографический отдел

Оснащенность: Количество посадочных мест – 24. Учебная мебель, 7 персональных компьютеров с подключением в сеть

«Интернет», неограниченный доступ к ЭБС и БД.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

К современному выпускнику общество предъявляет широкий перечень требований, среди которых особое значение имеет наличие у выпускников навыков и умений самостоятельно получать знания из различных источников информации, систематизировать и анализировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через подготовку к семинарским, практическим занятиям. При этом самостоятельная работа студента играет важную роль в ходе всего учебного процесса. При изучении дисциплины основную долю отводимого на самостоятельную работу времени занимает работа с учебниками, учебными пособиями и методическими указаниями. А потому студентам необходимо оптимально использовать время, отведенное на самостоятельную работу.

Теоретический материал изучать в течение недели до 2 часов, а готовиться к практическому занятию по дисциплине до 1.5 часов.

Для лучшего и полного усвоения материала учебной дисциплины рекомендуется использовать методические



указания и материалы по учебной дисциплине, тексты лекций, а также электронные ресурсы, имеющиеся в системе ЭБС, доступ к которым обеспечен в читальных залах университета. Теоретический материал курса становится более понятным, если дополнительно студентом изучаются книги, учебники по данной учебной дисциплине. Полезно использовать несколько учебников, рекомендованных преподавателем.

При изучении химических дисциплин настоятельно рекомендуется «не заучивать» материал, а добиться максимального понимания изучаемой темы дисциплины. При изучении теоретического материала необходимо многократно писать на черновике формулы, реакции и графики до полного их запоминания.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (чаты, видео-конференции) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, форумы, электронная почта).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, социальных сетей.

Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Электрохимические методы исследования" по направлению подготовки
(специальности) 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" направленности (профилю) Химия
материалов ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 9

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.