

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А. П. Толстик

(подпись)

29.07.2016

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-2686 /уч.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИИ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1-31 05 01-01 Научно-производственная деятельность

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 04-2013 и учебных планов G-31-155/уч. 2013 г., G-31_И-201/уч. 2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.А.Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор

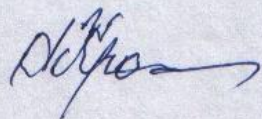
Г.А.Рагойша, доцент кафедры электрохимии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета
(протокол № 12 от 29. 04. 2016 г.);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 5 от 05 мая 2016 г.)



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Предметом данной учебной дисциплины является детальное знакомство студентов с электрохимическими и физическими методами, которые используются для изучения поверхности металлических и полупроводниковых электродов, а также структуры двойного электрического слоя.

Цель учебной дисциплины «Методы исследования в электрохимии» заключается в том, чтобы дать студенту понимание принципиальных основ, теоретической базы, практических возможностей, а также ограничений электрохимических и физических методов исследования электрохимических объектов. Курс знакомит с принципами функционирования, аппаратным оформлением рассматриваемых методов и условиями проведения эксперимента, прививает умение интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные.

Задачи учебной дисциплины :

- познакомить студентов, специализирующихся по электрохимии с базовыми электрохимическими и физическими методами исследований электрохимических объектов;
- формирование у студентов четкого представления о круге задач, решаемых с использованием данных методов, об их возможностях и ограничениях.

Успешное освоение учебной программы предусматривает освоение студентами ряда предшествующих дисциплин учебного плана, таких как «Физическая химия», «Неорганическая химия».

В результате изучения учебной дисциплины «Методы исследования в электрохимии» студент должен *знать*:

- принцип действия потенциостатов и использование трехэлектродной схемы электрохимической поляризации;
- основные варианты использования потенциостатического, потенциодинамического, гальваностатического и гальванодинамического режимов поляризации;
- характер практических и научных задач, решаемых с помощью методов вольтамперометрии, хроноамперо- и хронопотенциометрии, импедансной спектроскопии, а также методов сканирующей зондовой микроскопии и электрохимической кварцевой микрогравиметрии.

уметь:

- корректно провести простейший электрохимический эксперимент связанный с получением вольтамперограмм на различных типах рабочих электродов (металлы, графит, стеклоуглерод, полупроводники, пленки и наноструктуры на проводящих подложках и др.);

- подбирать электроды, электролиты, типы электрохимических ячеек для изучения неорганических и органических объектов;
- работать с ресурсами глобальной компьютерной сети при решении электрохимических задач;

владеть:

- электрохимическими методами исследований для решения конкретных научно-исследовательских и практических электроаналитических задач.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК), профессиональные (ПК) и социально-личностные (СЛ) компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-31 05 04 «Фундаментальная химия»:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

- АК-9. Уметь повышать свою квалификацию в процессе обучения.

- АК-10. Уметь осуществлять комплексный подход к решению химических проблем.

- АК-11. Уметь создавать и использовать в своей деятельности объекты интеллектуальной собственности.

- ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

- ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии и использованием современных физико-химических методов исследования.

- ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

- ПК 4. Использовать современные информационные и компьютерные технологии.

– ПК 5. Использовать научную и справочную литературу для создания новых веществ и материалов.

– ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов и рефератов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

– СЛ-1. Уметь работать в коллективе.

– Учебная программа по учебной дисциплине «Методы исследования в электрохимии» составлена на основе требований образовательного стандарта Республики Беларусь для специальности 1-31 05 01 Химия по направлению 1-31 05 01-01 Научно-производственная деятельность.

В списке основной литературы представлены базовые учебники, так и монографии, посвященные различным разделам курса. Дополнительная литература предназначена для углубленного ознакомления с отдельными вопросами, практического закрепления полученных знаний и умений. Ее перечень может обновляться по мере конкретизации вопросов программы.

Преподавание учебной дисциплины предусматривает проведение лекций, семинарских и практических занятий, которые должны быть обеспечены техническими средствами обучения, наглядными материалами, соответствующим лабораторным оборудованием и реактивами.

На практических занятиях студенты осваивают принципы работы с приборами для электрохимических исследований – а также типичные вольтамперометрические методики (в первую очередь циклическую вольтамперометрию). Ряд работ содержит элементы научного поиска, конечной задачей которого является обоснование оптимального варианта методики или оптимальных условий выполнения эксперимента на конкретных электродах.

Учебная дисциплина рассчитана на 110 часов (из них 50 аудиторных). Примерное распределение аудиторных часов учебной дисциплины по видам занятий: лекции – 20 часов, семинарские и практические занятия – 22 часа, управляемая самостоятельная работа – 8 часов.

Дисциплина является дисциплиной по выбору цикла специальных дисциплин.

Данная учебная дисциплина преподается на 4-м курсе в 7-м семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Роль электрохимических методов исследования в электроанализе и в качестве методов исследования объектов физической химии и химии материалов

Тема 1. Экспериментальные методы электрохимии.

Потенциал и ток в электрохимических системах как источник информации о составе растворов, составе, структуре и свойствах электродов. Режимы получения электрохимической информации. Классификация электрохимических методов по реализуемым в них способам электрохимического контроля состояния электрода и измерения отклика. Методы, основанные на совместном электрохимическом и неэлектрохимическом воздействии на электрод (фотоэлектрохимические методы, электрохимическая наногравиметрия и др.).

Тема 2. Техника электрохимического эксперимента.

Приборы и устройства для электрохимических измерений. Электроды сравнения. Вспомогательные электроды. Фоновые электролиты, их функции и критерии выбора. Методы подготовки рабочих электродов для воспроизводимых электрохимических измерений. Типы электрохимических ячеек, критерии их выбора для решения разных задач. Измерение потенциала электрода. Измерение тока. Омическое падение напряжения в растворе и его компенсация в исследованиях электродных процессов. Потенциостаты.

Тема 3. Потенциостатический, потенциодинамический, гальваностатический и гальванодинамический режимы получения вольтамперометрических данных. Хроноамперометрия и хронопотенциометрия.

Режимы вольтамперометрических измерений и исследования релаксационных характеристик электрохимических систем, их выбор и практическая реализация с использованием потенциостатов. Компьютерные программы для управления потенциостатами и основы методики их использования. Ознакомление с основными функциями программ обработки данных, используемых совместно с современными потенциостатами.

Тема 4. Исследование микрогетерогенных систем и наноструктур вольтамперометрическими, хроноамперометрическими и хронопотенциометрическими методами

Подготовка объекта к электрохимическому исследованию, выбор методов и режимов измерений. Методические приемы работы с разными типами объек-

тов. Качественная интерпретация зависимостей тока и потенциала от времени, вольтамперограмм и получение количественной информации методами компьютерной обработки данных.

Тема 5. Электрохимические методы, использующие зондирование объектов на переменном токе. Концепция электрохимического импеданса.

Вольтамперометрия с использованием переменного тока. Концепция электрохимического импеданса. Математические методы описания импеданса. Действительная и мнимая части импеданса. Сдвиг фаз. Модуль импеданса. Спектры импеданса. Спектрометры импеданса.

Эквивалентные электрические схемы. Элементы и параметры эквивалентных схем и их соответствие объектам и параметрам электрохимической системы. Емкость двойного электрического слоя, сопротивление межфазного переноса заряда, адсорбционная емкость, емкость области пространственного заряда в полупроводниковых электродах, диффузионный импеданс для неограниченной и пространственно ограниченной диффузии.

Обратная задача импедансной спектроскопии – получение информации об объекте путем анализа частотных характеристик его электрохимического отклика. Программа EIS Spectrum Analyser и основы ее использования для анализа спектров импеданса.

Тема 6. Потенциодинамическая электрохимическая импедансная спектроскопия (ПДЭС).

Основы методики исследования микрогетерогенных систем и наноструктур методом стационарной электрохимической импедансной спектроскопии. Ознакомление с ресурсами глобальной компьютерной сети, используемыми в электрохимических исследованиях

Зависимости спектров импеданса и параметров эквивалентных электрических схем от потенциала электрода. Получение из спектров ПДЭС зависимостей Мотта-Шоттки и исследование динамики составляющих электрохимического отклика, представленных в эквивалентной электрической схеме.

Тема 7. Методы сканирующей зондовой микроскопии (сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия, сканирующая потенциометрия) на границе электрод/раствор. Электрохимическая кварцевая микрогравиметрия (electrochemical quartz crystal microbalance).

Особенности применения данных методов. Примеры конкретных электрохимических систем. Требования к электродам, электролитам. Использование методов в нанотехнологиях.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Экспериментальные методы электрохимии. Их применение в электроанализе и в качестве методов исследования объектов физической химии и химии материалов	2	2					Устный опрос
2	Тема 2. Техника электрохимического эксперимента. Приборы и устройства для электрохимических измерений (потенциостаты, электроды, электрохимические ячейки и др.)	4	2	2			2	Устный и письменный опрос
3	Тема 3. Потенциостатический, потенциодинамический, гальваностатический и гальванодинамический режимы получения вольтамперометрических данных. Хроноамперометрия и хронопотенциометрия.	4	2	2			2	Письменная самостоятельная работа
4	Тема 4. Исследование микрогетерогенных систем и наноструктур вольтамперометрическими, хроноамперометрическими и хронопотенциометрическими методами	2		2			2	Устный и письменный опрос

5	Тема 5. Электрохимические методы, использующие зондирование объектов на переменном токе. Концепция электрохимического импеданса. Электрохимическая импедансная спектроскопия стационарных объектов	2	2	2				Самостоятельная работа
6	Тема 6. Потенциодинамическая электрохимическая импедансная спектроскопия	2	2	2			2	Контрольная работа
7	Тема 7. Методы сканирующей зондовой микроскопии на границе электрод/раствор. Электрохимическая кварцевая микрогравиметрия	4		2				Устный опрос
	Итого	20	10	12			8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РЕКОМЕНДУЕМАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.
2. Bard A. J., Faulkner L. R. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. 2nd Edition. 2001. Wiley. – 856 p.
3. Стойнов З.Б., Графов Б.М., Савова-Стойнова Б., Елкин В.В. Электрохимический импеданс. М.: Наука, 1991. – 336 с .
4. Практикум по электрохимии / Под редакцией Б.Б. Дамаскина. М.: Химия, 1991.
5. Bondarenko A.S., Ragoisha G.A. EIS Spectrum Analyser (компьютерная программа для анализа спектров электрохимического импеданса и руководство пользователя). Электронный ресурс:
<http://www.abc.chemistry.bsu.by/vi/analyser/>
6. Рагойша Г.А. Электронные ресурсы по теме «Потенциодинамическая электрохимическая импедансная спектроскопия»;
<http://www.abc.chemistry.bsu.by/vi/>

Дополнительная

7. Егер Э. Методы измерения в электрохимии. Т.1-2 / Э. Егер, А. Залкинд; пер. с англ. под ред. Ю.А. Чизмаджева. М.: Мир, 1977. – 585 с.
8. Compton R. G., Banks C. E. Understanding Voltammetry, World Scientific, 2007. – 371 p.
9. Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications, 2nd Edition, Eds. Barsoukov E., Macdonald J. R., Wiley, 2005. – 616 p.
10. Orazem M. E., Tribollet V. Electrochemical Impedance Spectroscopy, Wiley, 2011. – 560 p.
11. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия: Учебное пособие для хим. фак. М : Высшая школа, 1987. – 295 с.
12. Лукомский Ю.А., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 424 с.
13. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия, 1988. – 400 с.
14. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа, 1984. – 519 с.

15. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Теоретическая электрохимия / Под редакцией А.Л. Ротиняна. Л.: Химия, 1981. – 424 с.
16. Миомандр Ф., Садки С., Одебер П., Меалле-Рено Р. Электрохимия: М.: Техносфера, 2008. – 360 с.

ПРИМЕРНЫЕ ПЕРЕЧНИ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Тема 2.

Определите вероятные типы нуклеации при электроосаждении металлов по представленным в научной статье транзиентам тока при постоянной величине потенциала.

Тема 3.

Объясните исчезновение пика на вольтамперограмме и рост предельного диффузионного тока при увеличении скорости вращения дискового электрода.

Тема 4.

Объясните различие спектров импеданса и эквивалентных электрических схем, соответствующих стационарному и вращающемуся дисковому электроду.

Тема 6.

Используя программу EIS Spectrum Analyser, установите эквивалентную электрическую схему по заданному спектру импеданса. Предложите электрохимическую интерпретацию элементов полученной схемы.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Текущий контроль качества усвоения студентами знаний по данной учебной дисциплине может осуществляться с использованием следующих средств диагностики:

- письменных контрольных работ (в том числе в виде тестов) по отдельным темам учебной программы, а также по содержанию учебной дисциплины в целом;
- устного и письменного опросов при проведении аудиторных занятий;
- контрольных работ по решению задач.

В качестве формы итогового контроля качества усвоения студентами учебного материала рекомендован экзамен.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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) ¹
1. Физическая химия	Физической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол № <u>9</u> от <u>14.04. 2016</u> г.
2. Неорганическая химия	Неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол № <u>11</u> от <u>12.04. 2016</u> г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ___2016___ / ___2017___ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

_____ (ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

_____ (ученая степень, ученое звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)