

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 04.06.01. Химические науки

Направленность (специальность) 02.00.05 Электрохимия

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Физико-химические методы исследования электродных
материалов электрохимических устройств»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01. Химические науки, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. №_869 и паспорта специальности 02.00.05 Электрохимия, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение физико-химических методов исследования электродных материалов электрохимических устройств, таких как топливные элементы, электролизер разложения вод, аккумуляторы для последующего использования при разработке технологии их производства и улучшении параметров.

Задачами дисциплины являются

- познакомить обучающихся с классическими и современными физико-химическими методами исследования электродных материалов, с их классификацией;
- познакомить обучающихся с закономерностями физико-химических методов исследования электродных материалов;
- познакомить обучающихся с основами конструкции и технологии аналитического оборудования для исследования электродных материалов с использованием последних достижений;
- научить создавать адаптированные методики физико-химических методов исследования применительно к электродным материалам электрохимических устройств различного типа,

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных физико-химических методов исследования электродных материалов электрохимических устройств, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3)

- владеть информацией о новейших достижениях электрохимической и водородной энергетики (ПК-1)
- владеть современными методами физико-химических исследований (ПК-2);
- владеть технологиями создания электродных материалов и электролитов (ПК-5);
- знать наноматериалы, применяемые в технологиях создания электрохимических устройств, их назначение и характеристики (ПК-6)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- информацию о новейших достижениях в области физико-химических методов исследования электродных материалов электро-химических устройств (ПК-1)
- современные и перспективные пути решения проблем усовершенствования существующих физико-химических методов исследования электродных материалов электрохимических устройств (ПК-5);
- наноматериалы, применяемые в технологиях создания современных электродных материалов электрохимических устройств, их назначение и характеристики (ПК-6)

уметь:

- проводить электрохимические исследования и осуществлять анализ характеристик электродов, электролитов и топливных элементов (ПК-2)
- разрабатывать и исследовать электродные материалы электрохимических устройств нового поколения (ПК-5)

владеть:

- способностью к критическому анализу и оценке современных физико-химических методов исследования электродных материалов электрохимических устройств, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3)

владеть технологиями создания электродных материалов, электролитов и мембранно-электродных блоков электрохимических устройств (ПК-5)

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Физико-химические методы исследований применительно к электрохимическим энергоустановкам

Объект и классификация методов исследования. Исследуемые параметры электрохимических систем и диапазоны их измерений. Характеристика объектов исследования.

2. Электрохимические методы исследования

Основные положения, классификация. Потенциалы: электродный, окислительно-восстановительный, диффузионный, мембранный. Электрохимические ячейки для проведения исследований. Электроды сравнения. Методы и средства для исследования электрохимических процессов.

3. Приборы для выполнения электрохимических измерений

Электроизмерительные приборы. Рабочие и образцовые приборы. Точность и погрешность измерений. Стандарты тока, сопротивления и напряжения. Источники тока и напряжения Гальванометры и амперметры. Кулонометры. Мосты постоянного и переменного тока. Потенциометры. Самописцы. Осциллографы. Потенциостаты. Основные возможности современных потенциостатов для исследования характеристик электродов электрохимических устройств.

4. Равновесные методы электрохимических исследований

Потенциометрия. Металлические электроды. Мембранные электроды. Газочувствительные электроды. Потенциометрические биосенсоры. Потенциометрическое титрование.

5. Неравновесные методы электрохимических исследований

Вольтамперометрия. Общие положения и теория вольтамперометрии. Аппаратура и классификация методов вольтамерометрии. Инверсионная вольтамперометрия (ИВА). Кондуктометрия. Измерение электропроводности: ячейки и аппаратура. Исследование полимерных мембран и диафрагм. Определение контактных сопротивлений. Определение активной поверхности электродов-катализаторов электрохимическими адсорбционными методами.

6. Хроматографические методы анализа

Основные положения теории, классификация и методы реализации. Определение состава реагентов и продуктов реакции при работе электродов электрохимических устройств.

7. Термогравитометрия

Основные положения теории, классификация и методы реализации. Определение состава электродов электрохимических устройств.

8. Методы исследования состава и структуры дисперсных материалов.

Основные характеристики пористых материалов и методы их исследования. Классификация методов порометрии. Метод низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ). Метод эталонной контактной порометрии. Разделение гидрофобных и гидрофильных пор электродов электрохимических устройств. Экспрессные методы определения характеристик пористых электродов.

9. Электрохимическая импедансная спектроскопия

Эквивалентная схема электрохимического элемента. Разделение составляющих поляризации электрода. Определение лимитирующей стадии.

10. Методы исследования характеристик электродов топливных элементов и электролизных ячеек

Основные положения термодинамики и кинетики электрохимических систем. Виды поляризации. Анализ работы топливного элемента и электролизной ячейки по вольтамперной характеристике. Измерение потенциалов и омических потерь в мембрано-электродных блоках. Расчет оптимальной плотности тока ТЭ. Измерение импеданса электрохимической ячейки.

Определение составляющих напряжения электролизной ячейки и топливного элемента. Влияние лимитирующих стадий на годограф импеданса. Тестовые станции для исследования топливных элементов и электролизеров.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Назовите основные виды физико-химических методов исследования.
2. Дайте характеристику объектам исследования применительно к электрохимическим устройствам.
3. Дайте характеристику основных элементов измерительного комплекса для проведения электрохимических исследований электродных материалов.
4. Назначение потенциостата и возможности для проведения электрохимического эксперимента с использованием современных потенциостатов.
3. Каковы основные токообразующие процессы, протекающие на электродах в водородно-кислородном топливном элементе и электролизере разложения воды?
4. Как выглядит циклическая вольтамперограмма платинового электрода? Покажите характерные области потенциалов для адсорбции

водорода и кислорода, также области потенциалов и ветви токов при протекании электрохимических процессов в топливном элементе и электролизере.

5. Напишите уравнение Левича. Для каких условий оно выполняется. Покажите, как оно может быть использовано для изучения процессов на электродах электрохимических устройств?

6. Опишите принцип хроматографического метода анализа. Назовите основные разновидности данного метода и особенности его применения.

7. Каковы причины, обуславливающие различие вольт-амперных характеристик ТЭ при различных температурах?

8. Что такое катализатор, его функции. Назовите основные катализаторы для проведения электрохимических процессов на кислородном и водородном электроде в кислых средах.

9. Что такое ток обмена? Как его экспериментально определить?

10. Как выглядит годограф импеданса для электрохимической ячейки с лимитирующей стадией подвода реагентов. Как будет изменяться данный годограф при увеличении температуры?

11. Как выглядит программа газодиффузионного электрода топливного элемента. Покажите порогамму гидрофильных пор. Каким методом она может быть получена?

12. Какие возможности для исследования электродов может дать растровый электронный микроскоп с приставкой для энергодисперсионного микроанализа.

13. В чем принцип дифференциальной томографии. Каким образом данный метод может быть использован для исследования катодов литий-ионного аккумулятора.

14. Классификация объектов и методов исследования применительно к электрохимической энергетике.

15. Водородный электрод. Водородная шкала электродных потенциалов. Электрохимические ячейки для проведения исследований.

16. Определение активной поверхности каталитических композиций

17. Электроды сравнения. Виды, применение.

18. Полярография. Ртутный электрод.

19. Потенциостаты. Назначение и возможности.

20. Методы порометрии. Эталонная контактная порометрия.

21. Метод электрохимической спектроскопии. Эквивалентная схема электрохимической ячейки.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Нефедкин С.И. Физико-химические методы исследований в технологиях водородной энергетики. Курс лекций: учебное пособие. Издательский дом МЭИ, 2008 . 207 с.
2. Нефедкин С.И. Лабораторный практикум по курсу Физико-химические методы исследования (часть 1). М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 79 с.
3. Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической энергетики. Лабораторный практикум: учебное пособие (лабораторные работы №7-11) М.: Издательский дом МЭИ, 2010 - 60 с.

Дополнительная литература:

4. Коровин Н.В. «Топливные элементы и электрохимические энергоустановки», Москва, МЭИ, 2005, 278 с.