

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
А.С. Батурин**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физико-химические методы исследований и испытаний материалов и устройств
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

Т.К. Захарченко, канд. хим. наук

С.М. Морозова, канд. хим. наук

П.Е. Болтышов

Программа обсуждена на заседании кафедры нанометрологии и наноматериалов 12.02.2024

Аннотация

Освоение дисциплины «Физико-химические методы исследований и испытаний материалов и устройств» направлено на развитие профильных компетенций и представлений об основных принципах физико-химических методах исследований и испытаний ХИТ посредством углубления и систематизации знаний о классификации методов исследований и испытаний, об устройстве используемых инструментов и оборудования и о принципах выбора методик проведения испытаний с целью осуществления планирования и проведения пробоподготовки образцов, их испытаний и анализа

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у обучающихся специализированных представлений о физико-химических методах исследований и испытаний материалов и устройств, в том числе использующихся для создания химических источников тока.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний о физико-химических принципах, на которых основаны современные методы инструментальной диагностики материалов и устройств;
- формирование навыка подбора необходимой инструментальной методики анализа в зависимости от интересующего результата и типа анализируемого образца;
- овладение базовыми навыками интерпретации результатов физико-химических исследований и испытаний, в том числе с использованием специализированной и периодической научной литературы.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию

ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные виды используемых сегодня методы исследований и испытаний материалов и устройств, в особенности относящихся к химическим источникам тока (ХИТ);
- устройство и принцип работы основных приборов и инструментов для проведения анализа;
- принципы выбора методик проведения физико-химических исследований и испытаний.

уметь:

- объяснять физико-химические принципы работы основных приборов и инструментов для проведения анализа;
- проводить пробоподготовку образцов (в частности, являющимися ХИТ или их компонентами) для проведения инструментального анализа;
- анализировать результаты физико-химических исследований и испытаний;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о применении того или иного метода к анализу конкретного объекта и интерпретации собственных экспериментальных данных.

владеть:

- основными принципами, лежащими в основе физико-химических методов исследования и испытания ХИТ (как на уровне устройства в сборе, так и отдельных материалов);
- навыками к подбору методики исследования/испытания в зависимости от типа объекта и интересующих характеристик;
- сведениями об основных требованиях к пробоподготовке образца для определенной методики/исследования и соответствующих ограничениях той или иной методики;
- навыками к интерпретации и обсуждению результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Общая классификация методов	1			2
2	Введение в физико-химические методы анализа материалов	1			2
3	Дифракционные методы анализа	2			4
4	Растровая электронная микроскопия	1			2
5	Просвечивающая электронная микроскопия	1			2
6	Колебательная спектроскопия	1			2
7	Вторичная ионная масс-спектрометрия	1			2
8	Резонансные методы анализа	1			2

9	Нейтронные методы анализа	1			2
10	Использование синхротронного излучения для диагностики материалов	2			6
11	Электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Оже-электронная микроскопия	1			2
12	Рентгеновская спектроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Рентгеновский флуоресцентный анализ	1			2
13	Хроматографические методы анализа	3			2
14	Ведение в электрохимические методы анализа. Классификация методов. Особенности для интеркаляционных материалов	1			2
15	Потенциодинамические и гальваностатические методы. Электрохимическое титрование	1			2
16	Спектроскопия электрохимического импеданса	2			2
17	Методы электрохимического анализа на уровне аккумулятора в сборе	1			4
18	Методы определения механики материалов	2			4
19	Реологические характеристики материалов	2			4
20	Типы и классификация испытаний устройств	1			2
21	Климатические, вакуумные и термо-вакуумные испытания	1			2
22	Виброиспытания	1			2
23	Нормативно-правовая база проведения испытаний	1			4
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

1. Введение. Общая классификация методов

Введение в курс. Общая классификация методов и испытаний. Обзор часто используемых методов и испытаний. Представление об аналитических характеристиках методов и результатах испытаний.

2. Введение в физико-химические методы анализа материалов

Общая классификация физико-химических методов исследования: дифракционные методы, микроскопия и спектроскопия. Методы исследования поверхности и объема материалов. Разрушающие и неразрушающие методы диагностики. Виды зондирующего и детектируемого излучения. Взаимодействие излучения с веществом: поглощение, упругое и неупругое рассеяние. Классификация методов по зондирующему излучению. Энергетические характеристики зондирующего излучения.

3. Дифракционные методы анализа

Дифракция на кристаллической решетке. Общие представления о периодическом строении кристаллических веществ. Элементы симметрии. Периодическая трехмерная решетка. Решетки Бравэ. Понятие об обратной решетке и индексы Миллера. Элементы теории дифракции. Дифракция рентгеновского излучения. Схема дифракционного эксперимента. Анализ формы дифракционных пиков. Интенсивность и положение дифракционных максимумов. Индивидуальный характер дифракционной картины. Базы порошковых дифракционных данных. Рентгеноструктурный анализ.

4. Растровая электронная микроскопия

Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Пространственное разрешение в микроскопии. Электронная оптика: электростатические и магнитные линзы. Принципиальная схема электронного микроскопа, устройство и принцип его работы. Основные источники сигналов, используемых в РЭМ для формирования изображения. Методы формирования элементного контраста. Ограничения метода

5. Просвечивающая электронная микроскопия

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Формирование контраста изображения в ПЭМ. Устройство и принцип работы микроскопа. Элементный контраст. ПЭМ высокого разрешения. Формирование изображения атомного разрешения. Определение кристаллической структуры. Особенности и примеры исследования наноматериалов

6. Колебательная спектроскопия

Колебательная спектроскопия твердых тел. Фононы. Принципы ИК- и КР-спектроскопии. Правила отбора. ИК-спектроскопия. Схемы спектрометров. Спектроскопия поглощения. Спектроскопия диффузного отражения. Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения. Количественный анализ. КР-спектроскопия. Стоксовы и антистоксовы полосы

7. Вторичная ионная масс-спектрометрия

Особенности взаимодействия ионов с веществом. Источники и детекторы ионов. Аналитические характеристики ионной спектроскопии. Конус затенения и каналирование ионов. Исследование структуры при помощи ионных пучков. Область применения и ограничения методик рассеяния ионных пучков. Процессы ионного распыления. Профилирование состава по глубине. Разрешение по глубине. Вторичная ионная масс-спектрометрия и другие методы распылительного профилирования состава, их аналитические характеристики и ограничения

8. Резонансные методы анализа

Резонансные методы анализа. Физические основы ЯМР и ЭПР: спин и магнитный момент ядра, гиромагнитное отношение, квадрупольный момент ядра. Ядра, используемые в ЯМР твердого тела. Основные формулы ЯМР/ЭПР. Импульс и релаксация, спиновое эхо, типы релаксационных процессов. Квадрупольные эффекты

9. Нейтронные методы анализа

Взаимодействие нейтронов с веществом. Нейтронные методы анализа. Источники нейтронного излучения. Тепловые и холодные нейтроны. Нейтронная дифракция. Малоугловое рассеяние. Инвариант Порода. Приближение Гинье. Нейтронная рефлектометрия

10. Использование синхротронного излучения для диагностики материалов

Свойства и характеристики синхротронного излучения (СИ). Принципы получения, источники СИ: накопительные кольца и лазер на свободных электронах. Характеристики источников СИ и их прогресс (увеличение яркости источников, степени монохроматизации, управление поляризацией, временное разрешение). Обзор мировых центров синхротронного излучения. Классификация рентгеновских методов диагностики, использующих СИ. Особенности и преимущества использования синхротронных источников. Дифракционные, микроскопические и спектроскопические методы, использующие синхротронное излучение. EXAFS-спектроскопия. Основные принципы и информативность

11. Электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Оже-электронная микроскопия

Электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Определение состава поверхности и зарядовых состояний атомов. Современное развитие оже-электронной спектроскопии. Определение состава поверхности – аналитические параметры. Оже-электронная микроскопия. Примеры исследования наноматериалов. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Сопоставление методов исследования поверхности

12. Рентгеновская спектроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Рентгеновский флуоресцентный анализ

Рентгеновская спектроскопия. Неразрушающие методы определения состава твердых тел. Рентгеноспектральный микроанализ. Методы регистрации спектров (EDX, WDX). Пространственное разрешение. Определение состава. Аналитические параметры. Особенности и методики исследования планарных структур. Рентгеновский флуоресцентный анализ и его аналитические параметры.

13. Хроматографические методы анализа

Основные положения хроматографии. Неподвижная и подвижная фаза. Неудерживаемые компоненты. Мертвое время. Время удерживания. Теоретические тарелки. Газовая хроматография. Хромато-масс-спектрометрия. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Обращенно-фазовая ВЭЖХ (ОФ ВЭЖХ). Ионная хроматография. Планарная (тонкослойная) хроматография. Особенности практической реализации хроматографических методов

14. Введение в электрохимические методы анализа. Классификация методов. Особенности для интеркаляционных материалов

Введение в электрохимические методы анализа. Классификация методов. Особенности для интеркаляционных материалов. Кинетика переноса заряда. Определение скорости-определяющей стадии. Диффузионный контроль. Контроль через зародышеобразование. Энергия активации переноса заряда через границу раздела. Влияние пленки SEI/CEI на результаты электрохимического эксперимента

15. Потенциодинамические и гальваностатические методы. Электрохимическое титрование

Вольтамперометрия. Гальваностатическое циклирование. Зависимость удельных характеристик от плотности тока разряда. Двух и трехэлектродные ячейки. Потенциостатическое и гальваностатическое прерывистое титрование. Определение коэффициентов диффузии в интеркаляционных материалах

16. Спектроскопия электрохимического импеданса

Спектроскопия электрохимического импеданса. Способы представления импеданса. Способы описания электрохимических цепей. Основные компоненты эквивалентных схем. Сопротивление. Емкость. Индуктивность. Диффузионный импеданс (элемент Варбурга). Элемент постоянной фазы. Некоторые структурные модели электрохимических систем. Особенности проведения эксперимента по регистрации импеданса

17. Методы электрохимического анализа на уровне аккумулятора в сборе

Методы электрохимического анализа на уровне аккумулятора в сборе. Степень заряда (state of charge) и степень сохранности емкости (state of health) аккумулятора, и способы их определения. Анализ прироста емкости (incremental capacity analysis). Анализ кривой производной ёмкости по напряжению (differential voltage analysis). Анализ пошагово измеренного напряжения разомкнутой цепи (incremental open-circuit voltage analysis)

18. Методы определения механики материалов

Методы определения механики материалов. Виды деформации: сжатие, растяжение, изгиб, кручение, сдвиг. Модуль Юнга. Прочность при разрыве, удлинение при разрыве. Принцип работы разрывной машины. Динамо-механический анализа. Релаксационные процессы. Взаимосвязь механических и термических свойств. Термомеханический анализ

19. Реологические характеристики материалов

Реологические характеристики материалов. Определение реологии. Виды течения. Сдвиговая и комплексная вязкость. Вязкость полимерных растворов. Релаксационные процессы в растворах и расплавах

20. Типы и классификация испытаний устройств

Типы и классификация испытаний устройств. Основные типы испытаний. Особенности проведения испытаний для устройств различного типа

21. Климатические, вакуумные и термо-вакуумные испытания

Климатические, вакуумные и термо-вакуумные испытания. Цели проведения испытаний. Используемое оборудование. Особенности проведения испытания

22. Виброиспытания

Виброиспытания. Цели проведения испытаний. Используемое оборудование. Особенности проведения испытания

23. Нормативно-правовая база проведения испытаний

Нормативные требования к испытанию народнохозяйственной продукции. Испытания электротранспорта и его составных частей. Требования к оформлению программ и методик испытаний. Планирование и организация проведения различных видов испытаний

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, меловой или маркерной доской.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. А. Вест. Химия твёрдого тела. Теория и приложения. Часть 1. Москва "Мир", 1988, 558 с.
2. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности М, Наука, 2006, 490с.
3. Л.Н. Мазалов. Рентгеновские спектры. Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2003.
4. Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков Физические методы исследования в химии М Мир 2006 683с

Дополнительная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Linden's Handbook of Batteries, 4th Edition. Edited by T.B.Reddy. McGraw-Hill, 2010
2. A.J. Bard, L.R. Faulkner. Electrochemical methods: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, 2000.
3. F.Watts, J.Wolstenholme An introduction to surface analysis by XPS and AES, Wiley 183 с

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрены

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

Т.К. Захарченко, канд. хим. наук
С.М. Морозова, канд. хим. наук
П.Е. Болтышов

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химические методы исследований и испытаний материалов и устройств» обучающийся должен:

знать:

- основные виды используемых сегодня методы исследований и испытаний материалов и устройств, в особенности относящихся к химическим источникам тока (ХИТ);
- устройство и принцип работы основных приборов и инструментов для проведения анализа;
- принципы выбора методик проведения физико-химических исследований и испытаний.

уметь:

- объяснять физико-химические принципы работы основных приборов и инструментов для проведения анализа;
- проводить пробоподготовку образцов (в частности, являющимися ХИТ или их компонентами) для проведения инструментального анализа;
- анализировать результаты физико-химических исследований и испытаний;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о применении того или иного метода к анализу конкретного объекта и интерпретации собственных экспериментальных данных.

владеть:

- основными принципами, лежащими в основе физико-химических методов исследования и испытания ХИТ (как на уровне устройства в сборе, так и отдельных материалов);
- навыками к подбору методики исследования/испытания в зависимости от типа объекта и интересующих характеристик;
- сведениями об основных требованиях к пробоподготовке образца для определенной методики/исследования и соответствующих ограничениях той или иной методики;
- навыками к интерпретации и обсуждению результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В начале каждого занятия проводится краткий опрос по теме предыдущего занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Общая классификация методов и испытаний. Обзор часто используемых методов и испытаний. Представление об аналитических характеристиках методов и результатах испытаний.
2. Общая классификации физико-химических методов исследования. Методы исследования поверхности и объема материалов. Разрушающие и неразрушающие методы диагностики.
3. Виды зондирующего и детектируемого излучения. Взаимодействие излучения с веществом: поглощение, упругое и неупругое рассеяние. Классификация методов по зондирующему излучению. Энергетические характеристики зондирующего излучения.
4. Дифракция рентгеновского излучения. Схема дифракционного эксперимента. Анализ формы дифракционных пиков. Рентгеноструктурный анализ.
5. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Формирование контраста изображения в ПЭМ. Устройство и принцип работы микроскопа. ПЭМ высокого разрешения. Определение кристаллической структуры.
6. Колебательная спектроскопия твердых тел. Принципы ИК- и КР-спектроскопии. Правила отбора. Схемы спектрометров. Количественный анализ.
7. Особенности взаимодействия ионов с веществом. Источники и детекторы ионов. Вторичная ионная масс-спектрометрия и другие методы распылительного профилирования состава, их аналитические характеристики и ограничения.
8. Резонансные методы анализа. Физические основы и основные формулы ЯМР и ЭПР.
9. Нейтронные методы анализа. Источники нейтронного излучения. Нейтронная дифракция. Малоугловое рассеяние. Нейтронная рефлектометрия.
10. Свойства и характеристики синхротронного излучения (СИ). Принципы получения, источники СИ. Классификация рентгеновских методов диагностики, использующих СИ. Особенности и преимущества использования синхротронных источников. Дифракционные, микроскопические и спектроскопические методы, использующие синхротронное излучение.
11. EXAFS-спектроскопия. Основные принципы и информативность
12. Электронная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
13. Рентгеновская спектроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Рентгеновский флуоресцентный анализ.
14. Основные положения хроматографии. Газовая хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.
15. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Обращенно-фазовая ВЭЖХ (ОФ ВЭЖХ). Ионная хроматография.
16. Введение в электрохимические методы анализа. Классификация методов. Особенности для интеркаляционных материалов. Влияние пленки SEI/CEI на результаты электрохимического эксперимента.

17. Вольтамперометрия. Зависимость удельных характеристик от плотности тока разряда. Потенциостатическое и гальваностатическое прерывистое титрование. Определение коэффициентов диффузии в интеркаляционных материалах.
18. Спектроскопия электрохимического импеданса. Способы описания электрохимических цепей. Основные компоненты эквивалентных схем. Некоторые структурные модели электрохимических систем.
19. Методы электрохимического анализа на уровне аккумулятора в сборе. Степень заряда (state of charge) и степень сохранности емкости (state of health) аккумулятора, и способы их определения. Анализ прироста емкости (incremental capacity analysis). Анализ кривой производной ёмкости по напряжению (differential voltage analysis). Анализ пошагово измеренного напряжения разомкнутой цепи (incremental open-circuit voltage analysis).
20. Виды деформации. Основные механические характеристики материалов. Методы определения прочности на разрыв.
21. Модуль Юнга: определение и методы измерений. Коэффициент Пуассона.
22. Динамический механический анализ: принципы и область применений.
23. Термомеханические свойства материалов. Методы измерения термомеханических свойств.
24. Реология: определение и основные реологические характеристики. Вязкость жидкостей и растворов полимеров.
25. Релаксационные процессы в материалах. Методы измерений.
26. Типы и классификация испытаний устройств. Основные типы испытаний. Особенности проведения испытаний для устройств различного типа.
27. Климатические, вакуумные и термо-вакуумные испытания.
28. Виброиспытания.
29. Нормативные требования к испытанию народнохозяйственной продукции. Испытания электротранспорта и его составных частей.
30. Планирование и организация проведения различных видов испытаний.

Дополнительные вопросы:

1. Как определить количество кислорода и тип функциональных групп, образовавшихся в результате окисления графита $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$?
2. Как определить изменение состава и степени окисления металлов в катодном материале $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{AlO}_2$, произошедшее после его циклирования в литий-ионном аккумуляторе?
3. Как определить чистоту, наличие примесных фаз и охарактеризовать загрязнение поверхности, размер кристаллитов и их взаимную ориентацию для поликристаллической фольги меди.
4. Как определить состав электролита в отработанном литий-ионном аккумуляторе? Какие этапы пробоподготовки надо провести?
5. Каким способом можно экспериментально определить продолжительность эксплуатации и оценить оставшийся циклический ресурс аккумуляторной батареи из электромобиля если известна только начальная емкость ячейки?

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

По результатам освоения курса предусмотрен устный дифференцированный зачет, проводимый по вопросам. Задается 2-3 вопроса. Опрос не должен превышать 40 минут, время на подготовку у ответу 40 минут.