

**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:	Лабораторный практикум по методам характеристики компонентов химических источников тока
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 электрохимической энергетики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

С.М. Морозова, канд. хим. наук

В.А. Визгалов, канд. хим. наук

Д.М. Иткис, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры электрохимической энергетики 19.12.2024

Аннотация

Курс «Лабораторный практикум по методам характеристики компонентов химических источников тока» предусматривает ознакомление обучающихся с работой приборов и оборудования, предназначенных для исследования основных параметров, материалов и элементов ХИТ». В ходе освоения курса будут изучены: электрохимические характеристики электродных материалов литий-ионных аккумуляторов, способы определения удельной площади поверхности и насыпной плотности электродных материалов литий-ионных аккумуляторов, способы проведения испытания литий-ионных аккумуляторов для определения их ключевых характеристик, способы определения распределения размеров частиц активных и вспомогательных материалов химических источников тока методом ФКС (ДСР), способы определения температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов с солями металлов методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК).

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление обучающихся с работой приборов и оборудования, предназначенных для проведения диагностики и испытания элементов ХИТ и подготовка к применению полученных знаний и навыков в самостоятельной практической работе по проектированию и изготовлению электрохимических систем.

Задачи дисциплины

- приобретение обучающимися практических умений и навыков в области характеристики компонентов ХИТ, анализа полученных измерений и прогнозирования физико-химических процессов;
- подготовка слушателей к применению полученных знаний и навыков в самостоятельной практической работе.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы характеристики ХИТ и методики проведения исследований с использованием оборудования для измерения насыпной плотности и удельной площади поверхности электродных материалов, зарядно-разрядного стенда, анализатора размера частиц методом динамического светорассеяния и измерения дзета-потенциала, дифференциального сканирующего калориметра.

уметь:

- применять изученные методики для работы с оборудованием и проведения измерений для определенного ХИТ или модельной ячейки.

владеть:

- навыками работы со специализированными приборами и оборудованием при определении основных параметров материалов и компонентов ХИТ.

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	Исследование электрохимических характеристик электродных материалов литий-ионных аккумуляторов			16	6
2	Определение удельной площади поверхности и насыпной плотности электродных материалов литий-ионных аккумуляторов			10	6
3	Испытания литий-ионных аккумуляторов для определения ключевых характеристик			12	6
4	Определение распределения размеров частиц активных и вспомогательных материалов химических источников тока методом ФКС (ДСР)			10	6

5	Определение температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов с солями металлов методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК)			12	6
Итого часов				60	30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Исследование электрохимических характеристик электродных материалов литий-ионных аккумуляторов

Изготовление положительных и отрицательных электродов из различных материалов (NMC-811/LFP/графит/LTO), сборка полужеек (coin-cell/pouch-cell) против металлического лития, исследование форм разрядно-зарядных кривых, сравнение с характерными кривыми, определение удельной емкости, энергии материалов, номинального напряжения, кулоновской эффективности. Исследование межфазных сопротивлений при помощи импедансной спектроскопии (до и после заряда/разряда).

2. Определение удельной площади поверхности и насыпной плотности электродных материалов литий-ионных аккумуляторов

Определение насыпной плотности порошков активных материалов NMC-811/LFP/графита/LTO, сжимаемости и текучести при помощи вибрационного анализатора. Определение удельной поверхности при помощи метода тепловой десорбции газа с поверхности, вычисление объема пор и других текстурных характеристик материалов. Сравнение полученных результатов с заявленными производителем характеристиками.

3. Испытания литий-ионных аккумуляторов для определения ключевых характеристик

Разработка методики испытания готовых коммерческих литий-ионных аккумуляторов с целью определения характеристик, позволяющих полностью описать аккумулятор и определить качество изделия. Содержание ГОСТ для ЛИА. Проведение испытаний согласно методике в различных режимах. Обработка результатов испытаний, проведение сравнительного анализа, определение преимуществ и недостатков представленного изделия.

4. Определение распределения размеров частиц активных и вспомогательных материалов химических источников тока методом ФКС (ДСР)

Основные принципы, используемые при определении распределения размеров частиц методом динамического светорассеяния. Пробоподготовка образцов для проведения измерений. Обработка полученных результатов, определение преимуществ и недостатков метода.

5. Определение температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов с солями металлов методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК)

Принцип метода ДСК. Оборудование и материалы. Пробоподготовка образцов и проведение измерений. Анализ полученных данных для определения температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов.

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

Интерактивная панель, маркерная доска, компьютер (ноутбук).
Зарядно-разрядный стенд Neware BST4000-5v6A.
Дифференциальный сканирующий калориметр HSC 4.
Анализатор насыпной плотности BeDensi T1 Pro.
Анализатор удельной поверхности «Сорбтометр-М».
Анализатор размеров частиц и дзета-потенциала Photocor Compact-Z.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Козадеров О.А., Введенский А.В. Современные химические источники тока. 3-е изд., испр. Изд-во Лань, 2021.
2. Химические источники электрической энергии: учебное пособие / А. Ф. Дресвянников, М. Е. Колпаков, И. О. Григорьева [и др.].- Казань : КНИТУ, 2020. - 300 с.

Дополнительная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г.А. Электрохимия. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022.
2. Лукомский Ю. Я., Гамбург Ю.Д.. Физико-химические основы электрохимии: Учебное пособие – 2-е изд., испр. – Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2013. – 448 с.
3. Химические источники тока : Справочник / Под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скундина. — Москва : Изд-во МЭИ, 2003. — 739 с. : ил., табл. : 22 см.; ISBN 5-7046-0899-X (в пер.).

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)

В результате освоения курса студент должен уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- выполнение лабораторных работ, предусмотренных учебным планом;
- составление отчетов по лабораторным работам;
- активной самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для лабораторного практикума.

Показателем владения материалом служит умение отвечать на вопросы по темам лабораторного практикума.

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

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 электрохимической энергетики
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

С.М. Морозова, канд. хим. наук

В.А. Визгалов, канд. хим. наук

Д.М. Иткис, канд. хим. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Лабораторный практикум по методам характеристики компонентов химических источников тока» обучающийся должен:

знать:

- основные методы характеристики ХИТ и методики проведения исследований с использованием оборудования для измерения насыпной плотности и удельной площади поверхности электродных материалов, зарядно-разрядного стенда, анализатора размера частиц методом динамического светорассеяния и измерения дзета-потенциала, дифференциального сканирующего калориметра.

уметь:

- применять изученные методики для работы с оборудованием и проведения измерений для определенного ХИТ или модельной ячейки.

владеть:

- навыками работы со специализированными приборами и оборудованием при определении основных параметров материалов и компонентов ХИТ.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме лабораторной работы и особенностям работы с оборудованием. После завершения каждой работы оформляется отчет и проводится его защита.

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

Вопросы для проведения защит лабораторных работ и дифференцированного зачета:

1. Подготовка и проведение исследования электрохимических характеристик электродных материалов литий-ионных аккумуляторов. Используемое оборудование и материалы.
2. Изготовление положительных и отрицательных электродов из различных материалов (NMC-811/LFP/графит/LTO), сборка полужеек (coin-cell/pouch-cell) против металлического лития, исследование форм разрядно-зарядных кривых, сравнение с характерными кривыми. Используемое оборудование и материалы.
3. Определение удельной емкости, энергии материалов, номинального напряжения, кулоновской эффективности. Исследование межфазных сопротивлений при помощи импедансной спектроскопии (до и после заряда/разряда). Используемое оборудование и материалы.
4. Определение удельной площади поверхности и насыпной плотности электродных материалов литий-ионных аккумуляторов. Сравнение с заявленными производителем характеристиками. Используемое оборудование и материалы.
5. Определение насыпной плотности порошков активных материалов NMC-811/LFP/графита/LTO, сжимаемости и текучести при помощи вибрационного анализатора. Сравнение с заявленными производителем характеристиками.
6. Определение удельной поверхности при помощи метода тепловой десорбции газа с поверхности, вычисление объема пор и других текстурных характеристик материалов. Сравнение с заявленными производителем характеристиками.
7. Разработка методики и проведение испытаний литий-ионных аккумуляторов для определения ключевых характеристик. Обработка результатов испытаний, проведение сравнительного анализа, определение преимуществ и недостатков представленного изделия. Используемое оборудование и материалы.
8. Разработка методики испытания готовых коммерческих литий-ионных аккумуляторов с целью определения характеристик, позволяющих полностью описать аккумулятор и определить качество изделия. Используемое оборудование и материалы.
9. Содержание ГОСТ для ЛИА. Испытания литий-ионных аккумуляторов для определения ключевых характеристик. Используемое оборудование и материалы.
10. Проведение испытаний согласно методике в различных режимах. Обработка результатов испытаний, проведение сравнительного анализа, определение преимуществ и недостатков представленного изделия. Используемое оборудование и материалы.
11. Определение распределения размеров частиц активных и вспомогательных материалов химических источников тока методом ФКС (ДСР): основные принципы, пробоподготовка образцов, определение преимуществ и недостатков метода. Используемое оборудование и материалы.
12. Основные принципы, используемые при определении распределения размеров частиц методом динамического светорассеяния. Пробоподготовка образцов для проведения измерений. Обработка полученных результатов, определение преимуществ и недостатков метода. Используемое оборудование и материалы.
13. Определение температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов с солями металлов методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК): принцип метода, пробоподготовка образцов и проведение измерений, анализ полученных данных. Используемое оборудование и материалы.
14. Принцип метода ДСК. Пробоподготовка образцов и проведение измерений.

15. Анализ полученных данных для определения температуры стеклования кристаллизации и плавления для полимерных материалов и их композитов. Используемое оборудование и материалы.

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

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Итоговая оценка выставляется как средняя арифметическая оценка по результатам защит отчетов всех лабораторных работ курса. Все работы должны быть выполнены и сданы в полном объеме. Если не выполнены и/или не сданы все работы, оценка за семестр выставляется «неудовлетворительно».