

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Особенности характеристики химических источников тока
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра электрохимической энергетики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 15 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

С.М. Морозова, канд. хим. наук

В.А. Визгалов, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры электрохимической энергетики 19.02.2025

## Аннотация

Дисциплина «Особенности характеристики химических источников тока» направлена на развитие профильных компетенций и формирование представлений о методах исследования основных характеристик ХИТ: циклическая вольт-амперометрия, разрядные, импеданс-спектроскопия, анализ состояния аккумулятора (state of health, state of charge), климатические испытания.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Формирование у обучающихся специализированных представлений об основных параметрах ХИТ, принципах и методах исследования, особенностях проведения испытаний.

#### Задачи дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- обобщение и систематизация знаний об основных характеристиках ХИТ и их взаимосвязи;
- формирование базовых знаний о методах измерения основных параметров ХИТ, приборах и оборудовании, используемых в процессе исследования;
- овладение навыками анализа полученных измерений (расчет величин, сравнение с коммерческими аналогами) и прогнозирования физико-химических процессов.

### 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-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
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-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
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

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные параметры, требуемые для характеристики ХИТ;
- методы характеристики ХИТ, приборы и оборудование;
- границы применимости методов для характеристики ХИТ.

уметь:

- определять методику измерений для определенного ХИТ или модельной ячейки;
- рассчитывать параметры ХИТ на основе проведенных измерений;
- сопоставлять измеренные параметры ХИТ с типовыми параметрами коммерческих образцов

владеть:

- методикой выбора параметров, необходимых для характеристики определенного типа ХИТ;
- методикой оптимизации измерений и анализа полученных данных;
- данными о типовых характеристиках коммерческих 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	Исследуемые параметры для химических источников тока	2			10
2	Циклическая вольт-амперометрия	2		4	10
3	Разрядные кривые при различных токах	3		3	10
4	Импеданс-спектроскопия	3		3	10
5	Анализ состояния аккумулятора (state of health, state of charge)	3		3	10
6	Климатические испытания	2		2	10
Итого часов		15		15	60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 8 (Весенний)

##### 1. Исследуемые параметры для химических источников тока

Основные параметры, определяемые для химических источников тока: емкость, плотность энергии, номинальное напряжение, саморазряд и др.

##### 2. Циклическая вольт-амперометрия

Принцип метода ЦВА. Примеры применения к химическим источникам тока

3. Разрядные кривые при различных токах

Методы получения и анализ разрядных кривых

4. Импеданс-спектроскопия

Принцип импеданс-спектроскопии. Примеры применения к химическим источникам тока

5. Анализ состояния аккумулятора (state of health, state of charge)

Методы анализа состояния аккумуляторов. Примеры применения к химическим источникам тока.

6. Климатические испытания

Понятие рабочего диапазона температур. особенности проведения климатических испытаний. Примеры применения к химическим источникам тока.

## **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. 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)

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 уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- выполнение заданий практических семинаров и самостоятельную обработку полученных результатов;
- активной самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- 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)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра электрохимической энергетики
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

С.М. Морозова, канд. хим. наук

В.А. Визгалов, 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-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
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-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
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

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Особенности характеристики химических источников тока» обучающийся должен:

### знать:

- основные параметры, требуемые для характеристики ХИТ;
- методы характеристики ХИТ, приборы и оборудование;
- границы применимости методов для характеристики ХИТ.

### уметь:

- определять методику измерений для определенного ХИТ или модельной ячейки;
- рассчитывать параметры ХИТ на основе проведенных измерений;
- сопоставлять измеренные параметры ХИТ с типовыми параметрами коммерческих образцов

### владеть:

- методикой выбора параметров, необходимых для характеристики определенного типа ХИТ;
- методикой оптимизации измерений и анализа полученных данных;
- данными о типовых характеристиках коммерческих ХИТ.

## 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. Основные параметры, определяемые для химических источников тока и их взаимосвязь.
2. Методы характеристики ХИТ, приборы и оборудование.
3. Границы применимости методов для характеристики ХИТ.
4. Какую информацию можно извлечь из данных о плотности энергии и мощности батареи? Как влияет вес батареи?
5. Принцип измерения методом ЦВА. Применимость метода к ХИТ, измеряемые параметры.
6. Методы получения разрядных кривых. Взаимосвязь с другими электрохимическими параметрами ХИТ.
7. Принцип импеданс-спектроскопии. Выбор модельной системы. Влияние поляризации
8. Опишите методы для анализа состояния аккумулятора. Фильтр Калмана. Применение методом машинного обучения.
9. Какие климатические ограничения характерны для различных ХИТ? Опишите особенности климатических испытаний для ХИТ.
10. Понятие рабочего диапазона температур. Особенности проведения климатических испытаний. Примеры применения к химическим источникам тока

#### **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 устного дифференцированного зачета (в билете два теоретических вопроса). Опрос по билету не может превышать 60 минут, на подготовку выделяется не более 60 минут.