

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 03.10.2023 10:22:40

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Системы хранения и преобразования энергии

Закреплена за подразделением

Кафедра физической химии

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология

Профиль

Технология наноструктурированных композиционных материалов

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*кфмн, Доцент, Кречетов Илья Сергеевич*

Рабочая программа

**Системы хранения и преобразования энергии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (приказ от 30.11.2022 г. № 636 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

18.04.01 Химическая технология, 18.04.01 МХТ-23-1.plx Технология наноструктурированных композиционных материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

18.04.01 Химическая технология, Технология наноструктурированных композиционных материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физической химии**

Протокол от 22.06.2022 г., №11-21/22

Руководитель подразделения Салимон А.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – приобрести основные представления о системах накопления и хранения электрической энергии, принципах их функционирования и характерных особенностях.
1.2	Задачи дисциплины научить:
1.3	- основным понятиям, техническим характеристикам и принципам работы разных типов систем накопления и хранения электрической энергии
1.4	- особенностям применения и технологи разных типов систем накопления и хранения электрической энергии
1.5	- методам оценки свойств разных типов систем накопления и хранения электрической энергии

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Конструкции накопителей электрической энергии	
2.2.2	Научно-исследовательская практика	
2.2.3	Неравновесные конденсированные системы, часть 2	
2.2.4	Определение размерных характеристик наноструктурированных композиционных материалов	
2.2.5	Получение и свойства материалов электродов	
2.2.6	Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах	
2.2.7	Углеродосодержащие материалы, композиты	
2.2.8	Современные химические технологии	
2.2.9	Преддипломная практика	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-1: Способен проводить контроль технологических параметров и режимов синтеза полимерных и композиционных материалов</b>	
<b>Знать:</b>	ПК-1-31 методы обработки и анализа экспериментальной физическо-химической и электрохимической информации
<b>Уметь:</b>	ПК-1-У1 контролировать технологические параметры методов обработки и анализа экспериментальной физическо-химической и электрохимической информации
<b>Владеть:</b>	ПК-1-В1 навыком применения на практике методов обработки и анализа экспериментальной физическо-химической и электрохимической информации

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Основные понятия</b>							
1.1	Системы накопления и хранения электрической энергии. Основные понятия. Термины и определения /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.2	Системы накопления и хранения электрической энергии. Основные понятия. Термины и определения /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.3	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

1.4	Химические источники тока. Физико-химические основы функционирования /Лек/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.5	Химические источники тока. Первичные и вторичные химические источники тока. Комбинированные химические источники тока /Пр/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	Р1
1.6	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Методы оценки параметров химических источников тока и систем накопления и хранения электрической энергии.</b>							
2.1	Электрохимические суперконденсаторы /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.2	Расчёт параметров суперконденсатора по результатам электрохимических измерений /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.3	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.4	Электрохимический импеданс в анализе свойств накопителей электрической энергии /Лек/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.5	Электрохимический импеданс в анализе свойств накопителей электрической энергии. /Пр/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.6	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.7	Саморазряд в химических источниках тока /Лек/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.8	Саморазряд в химических источниках тока /Пр/	1	3	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ2	Р2
2.9	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Технологии и области применения систем накопления и хранения электрической энергии</b>							
3.1	Гибридные системы накопления и хранения электрической энергии /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.2	Гибридные системы накопления и хранения электрической энергии /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

3.3	Особенности технологии изготовления химических источников тока и систем накопления и хранения электрической энергии /Лек/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.4	Особенности технологии изготовления химических источников тока и систем накопления и хранения электрической энергии /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМЗ	РЗ
3.5	Выполнение индивидуальных заданий /Ср/	1	14	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1 «Основные понятия»	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Вопросы к контрольной работе 1 «Основные понятия»;</p> <p>1. Что такое топливный элемент?</p> <p>a. Это единица количества сгораемого топлива, используемого на тепловых электростанциях;</p> <p>b. Один из химических элементов, способных к окислению кислородом воздуха с интенсивностью, достаточной для горения, и используемый для получения электрической энергии;</p> <p>c. Электрохимический источник тока, принцип работы которого основан на прямом получении электрической энергии в результате каталитического окисления различных видов топлива.</p> <p>2. Может ли термодинамический КПД топливного элемента быть больше 100 %?</p> <p>a. Нет, не может. Парижская Академия Наук уже с XVII века не рассматривает заявки на изобретения вечных двигателей;</p> <p>b. Да, может, но это является следствием не возникновения энергии из ниоткуда, а формальности определения термодинамического КПД как отношения <math>\Delta H/\Delta G</math>, и для некоторых химических реакций это отношение оказывается больше 1. На самом деле в таких случаях реакция в топливном элементе протекает за счёт поглощения тепла из окружающей среды, а реальный КПД всё равно оказывается меньше 100 %, хотя всё равно остаётся более высоким, чем для многих других систем генерации электрической энергии.</p> <p>3. Как правильно расшифровывается аббревиатура PEMFC?</p> <p>a. Political Environment in Modern Foreign Countries;</p> <p>b. Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell;</p> <p>c. Proton Exchange Membrane Fuel Cell;</p> <p>d. Варианты b и c.</p> <p>4. Что такое SOFC?</p> <p>a. Твёрдо-оксидные топливные элементы (Solid Oxide Fuel Cell);</p> <p>b. Твёрдо-кислородные топливные элементы (Solid Oxygen Fuel Cell);</p> <p>c. Шотландский загородный фортификационный центр (Scottish Outdoor Fortification Centre).</p> <p>5. Что из перечисленного на самом деле не относится к топливным элементам?</p> <p>a. DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) – топливные элементы с прямым окислением метанола;</p> <p>b. AFC (Alkaline Fuel Cell) – щелочные топливные элементы;</p> <p>c. PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell) – топливные элементы с электролитом на основе фосфорной кислоты;</p> <p>d. MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) – топливные элементы на</p>

			<p>основе расплавленных карбонатов;</p> <p>е. СВFC (Carbon Blocks Fuel Cell) – топливные элементы из углеродных блоков.</p> <p>6. В чём преимущества использования электрической энергии в современной технологической сфере?</p> <p>а. Высока эффективность преобразования электрической энергии в другие виды энергии;</p> <p>б. Высока также и эффективность передачи электрической энергии;</p> <p>с. Всё вышеперечисленное.</p> <p>7. Какие системы накопления электрической энергии из перечисленных обладают наибольшей удельной энергией?</p> <p>а. Аккумуляторы, металло-воздушные и проточные батареи;</p> <p>б. Суперконденсаторы;</p> <p>с. Маховики.</p> <p>8. Какие системы накопления электрической энергии из перечисленных обладают наибольшей удельной мощностью?</p> <p>а. Аккумуляторы;</p> <p>б. Металло-воздушные и проточные батареи;</p> <p>с. Суперконденсаторы и маховики.</p> <p>9. Какие системы накопления электрической энергии из перечисленных обладают наибольшей скоростью саморазряда?</p> <p>а. Аккумуляторы;</p> <p>б. Металло-воздушные батареи;</p> <p>с. Проточные батареи;</p> <p>д. Суперконденсаторы и маховики.</p> <p>10. Какие системы накопления электрической энергии из перечисленных обладают наименьшей скоростью саморазряда?</p> <p>а. Аккумуляторы;</p> <p>б. Металло-воздушные и проточные батареи;</p> <p>с. Суперконденсаторы и маховики</p>
КМ2	Контрольная работа 2 «Методы оценки параметров химических источников тока и СНиХЭЭ»	ПК-1-31;ПК-1-В1;ПК-1-У1	<p>. Вопросы к контрольной работе 2 «Методы оценки параметров химических источников тока и СНиХЭЭ»;</p> <p>1. Как устроен двойнослойный электрохимический суперконденсатор? Какое явление лежит в основе его функционирования? Какие особенности используемых материалов обеспечивают высокую электрическую ёмкость ДЭСК?</p> <p>2. Какие типы электролитов используются в суперконденсаторах? В чём основные преимущества и недостатки каждого из них?</p> <p>3. Какие характеристики в первую очередь важны для электрохимических суперконденсаторов?</p> <p>4. Какими параметрами характеризуется долговечность накопителя электрической энергии?</p> <p>5. Какие типы суперконденсаторов Вы знаете? В чём заключаются различия между ними по механизмам накопления электрической энергии и характеристикам?</p> <p>6. Что такое поляризуемый и неполяризуемый электроды?</p> <p>7. В каких координатах спрямляется зависимость напряжения от времени для саморазряда, происходящего через омическое сопротивление, включённое между электродами?</p> <p>8. В каких координатах спрямляется зависимость напряжения от времени для саморазряда, происходящего в результате перезаряда СК?</p> <p>9. В каких координатах спрямляется зависимость напряжения от времени для саморазряда, вызванного наличием электрохимически активной примеси?</p> <p>10. В каких координатах спрямляется зависимость напряжения от времени для саморазряда в случае, когда скорость саморазряда определяется каким-либо диффузионным процессом?</p> <p>11. Температура эксплуатации некоторого суперконденсатора выросла на 10 градусов Цельсия. Во сколько раз можно ожидать возрастание скорости саморазряда?</p> <p>12. В чём заключается метод циклической вольтамперометрии (ЦВА)? Какие выводы можно сделать о суперконденсаторе</p>

КМ3	Домашняя работа	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Домашнее задание «Расчёт характеристик электродного материала суперконденсатора по результатам измерений методом гальваностатического заряда-разряда» Есть файл с данными, полученными с измерительного прибора. В файле в три колонки записаны результаты измерений напряжения и тока с течением времени в ходе ГЗР симметричного двойнослойного СК. Данные в строках разделены знаком табуляции. Также в начало файла добавлены две строки, в которых приведены номер варианта и массы активного слоя положительного и отрицательного электродов СК. По результатам измерений, записанным в файл, необходимо найти:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ёмкость суперконденсатора;</li> <li>2) внутреннее сопротивление СК;</li> <li>3) отдачу СК по заряду (КПД по заряду);</li> <li>4) отдачу СК по энергии (КПД по энергии);</li> <li>5) Удельную ёмкость электродного материала, Ф/г;</li> <li>6) удельную энергоёмкость электродного материала в Дж/г и Вт·ч/кг;</li> <li>7) Удельную мощность, обеспечиваемую электродным материалом в использованной конфигурации СК, кВт/кг.</li> </ol> <p>Варианты домашнего задания генерируются с помощью программных средств перед выдачей студентам.</p>
-----	-----------------	-------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Контрольная работа 1 «Основные понятия»	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Теоретические и практические вопросы
P2	Контрольная работа 2 «Методы оценки параметров химических источников тока и СНиХЭЭ»	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Теоретические и практические вопросы
P3	Домашняя работа	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Расчетно-графическое задание

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен по дисциплине не предусмотрен

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Для выставления зачета с оценкой применяется следующая шкала:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания, знает, как применять полученные знания на практике, грамотно и логически стройно излагает материал, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания, допускает незначительные ошибки при освещении вопросов, знает, как применять полученные знания на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания, хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, ориентируется в том, как применять полученные знания на практике.
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в изложении вопросов, не понимает сущности излагаемых проблем, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Антропов Л. И.	Теоретическая электрохимия: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Федотьев Н. П., Алабышев А. Ф., Рогинян А. Л., Федотьев Н. П.	Прикладная электрохимия	Электронная библиотека	Ленинград: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1962
Л2.2	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Скорчеллетти В. В.	Теоретическая электрохимия	Библиотека МИСиС	Л.: Химия, 1970

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Каталог Российской государственной библиотеки (РГБ) [Электронный ресурс]. –	<a href="http://www.aleph.rsl.ru">http://www.aleph.rsl.ru</a>	
Э2			

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr	
П.2	ESET NOD32 Antivirus	
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit	

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Российское образование: федеральный портал [Электронный ресурс]. – внешний сайт.)Ссылки на внешний сайт..	<a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a> (Ссылки на внешний сайт.)
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов, касающихся представления о системах накопления и хранения электрической энергии, принципах их функционирования и характерных особенностях. Практические занятия нацелены на проработку вопросов, изучаемых на лекционных занятиях, на подробное изучение влияния различных факторов на характеристики источников тока и систем накопления и хранения электрической энергии. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий: - проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint).

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.