

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и электроконденсаторостроения

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Эссе Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Говоров В.А.
	Идентификатор	R7859ba37-GovorovVA-8052162c

(подпись)

В.А. Говоров

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Леонов В.М.
	Идентификатор	Rae2e323d-LeonovVM-ccc02b9b

(подпись)

В.М. Леонов

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является формирование знаний по классификации, назначению и применению радиоматериалов и радиокомпонентов. Понимание физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации. Изучение основных электрофизических, оптических, материалов. Изучение физических процессов и явлений, протекающих в радиоматериалах и радиокомпонентах

Задачи дисциплины

- различные классы материалов, используемых в электронике и наноэлектронике.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-1 _{ПК-3} Демонстрирует знания технологического процесса производства материалов электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - основные методы исследования состава и структуры материалов;
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-2 _{ПК-3} Демонстрирует знания технологического процесса производства изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - физические эффекты взаимодействия различных типов излучения и материи;
ПК-5 Способен участвовать в исследовании материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-2 _{ПК-5} Умеет использовать математические модели явлений и процессов, протекающих в изделиях электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	знать: - основные формулировки законов термодинамики сплошных сред;
ПК-5 Способен участвовать в исследовании материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	ИД-5 _{ПК-5} Демонстрирует знания методик проведения экспериментальных исследований изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроматериаловедение, физика и техника электрической изоляции, кабелей и

электроконденсаторостроения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02
Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы математического анализа
- знать Основы термодинамики сплошных сред
- знать Физико-механика материалов
- знать Строение атома
- знать Операции симметрии
- уметь Проводить поиск и анализ научно-технической литературы
- уметь Формулировать логически связанные тезисы в единый текст

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков	36	2	6	-	6	-	-	-	-	-	24	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p>
1.1	Методы изготовления порошков помолот.	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Основы коллоидной химии	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Получение наночастиц конденсацией	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	

													<p>необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Способы изготовления субмикроструктурных и нанопорошков" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Способы изготовления субмикроструктурных и нанопорошков" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Способы изготовления субмикроструктурных и нанопорошков и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														[5], 10-60 [6], 4-200 [7], 20-40
2	Методы анализа нанобъектов.	54	10	-	10	-	-	-	-	-	-	34	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Методы анализа нанобъектов."
2.1	Атомно силовая микроскопия	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:
2.2	Гранулометрический анализ.	14	3	-	3	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:
2.3	Рентгенофазовый анализ.	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:
2.4	Электронная микроскопия.	16	3	-	3	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа нанобъектов." материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы

											<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Методы анализа нанообъектов." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Методы анализа нанообъектов. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы анализа нанообъектов." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><u>Самостоятельное изучение</u></p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<p><u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы анализа нанообъектов." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Методы анализа нанообъектов.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 4-80 [2], 90-130 [3], 120-250 [4], 20-200 [5], 80-200 [6], 200-300 [7], 60-80</p>
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	75.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков

1.1. Методы изготовления порошков помолом.

Использование различных типов мельниц. Методы получения нанопорошков осаждением из газовой фазы и из раствора. Процессы образования и роста частиц..

1.2. Основы коллоидной химии

Представления о поверхностной активности веществ. Термодинамические основы коллоидной химии. Основы стабилизации дисперсных систем..

1.3. Получение наночастиц конденсацией

Принципы образования зародышей и рост частиц. Основы методов распылительной сушки.

2. Методы анализа нанобъектов.

2.1. Атомно силовая микроскопия

Сканирующие зондовые приборы для исследования и атомного дизайна наноматериалов (СТМ и АСМ). Методы исследования субструктуры наноматериалов. Методы и аппаратура для контроля и классификации наночастиц (нанопорошков)..

2.2. Гранулометрический анализ.

Принципы гранулометрического анализа. Методы определения размера частиц. Статическое светорассеяние. Динамическое светорассеяние..

2.3. Рентгенофазовый анализ.

Основы фазового и структурного анализа. Использование рентгеновского излучения для исследования структуры кристалла..

2.4. Электронная микроскопия.

Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Электронная дифракция. Методы определения морфологии нанобъектов..

3.3. Темы практических занятий

1. Основные понятия дисперсных систем;
2. Основы термодинамики сплошных сред;
3. Производство композитных материалов;
4. Производство керамических материалов.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Способы изготовления субмикрорекристаллических и нанопорошков"

2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы анализа нанобъектов."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Способы изготовления субмикрорекристаллических и нанопорошков"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы анализа нанобъектов."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Способы изготовления субмикрорекристаллических и нанопорошков"
2. Консультации проводятся по разделу "Методы анализа нанобъектов."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Способы изготовления субмикрорекристаллических и нанопорошков"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы анализа нанобъектов."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	
Знать:				
основные методы исследования состава и структуры материалов;	ИД-1ПК-3		+	Лабораторная работа/Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц.
физические эффекты взаимодействия различных типов излучения и материи;	ИД-2ПК-3		+	Лабораторная работа/Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. Лабораторная работа/Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем
основные формулировки законов термодинамики сплошных сред;	ИД-2ПК-5	+		Эссе/Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)
2. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

стандартные правила

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч.1 : пер. с англ. / А. Вест ; ред. Ю. Д. Третьяков . – М. : Мир, 1988 . – 555 с.;
2. Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч.2 : пер. с англ. / А. Вест ; ред. Ю. Д. Третьяков . – М. : Мир, 1988 . – 334 с.;
3. Гаршин, А. П. Материаловедение. Техническая керамика в машиностроении : учебник для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям, по направлению подготовки магистров "Технологические машины и оборудование" / А. П. Гаршин . – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018 . – 296 с. – (Бакалавр. Академический курс. Модуль) . - ISBN 978-5-534-01484-6 .;
4. Виноградов, Г. В. Реология полимеров : [монография] / Г. В. Виноградов, А. Я. Малкин . – М. : Химия, 1977 . – 438 с.;
5. Мэттьюз, Ф. Композитные материалы. Механика и технология : учебник для физических и материаловедческих специальностей : пер. с англ. / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс . – М. : Техносфера, 2004 . – 408 с. – (Мир материалов и технологий) . - ISBN 5-948360-32-6 .;
6. А. О. Жигачев, Ю. И. Головин, А. В. Умрихин, В. В. Коренков, А. И. Тюрин- "Керамические материалы на основе диоксида циркония", Издательство: "Техносфера", Москва, 2018 - (358 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597091>;
7. Адаменко Н. А., Агафонова Г. В.- "Свойства полимерных материалов", Издательство: "ВолгГТУ", Волгоград, 2018 - (96 с.)
<https://e.lanbook.com/book/157178>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Майнд Видеоконференции;
3. Acrobat Reader.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
9. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
10. Журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Нанотехнологии в электротехнических материалах**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-2 Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)

КМ-3 Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)

КМ-4 Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	10	12	16
1	Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков				
1.1	Методы изготовления порошков помолом.		+		
1.2	Основы коллоидной химии		+		
1.3	Получение наночастиц конденсацией		+		
2	Методы анализа нанообъектов.				
2.1	Атомно силовая микроскопия			+	+
2.2	Гранулометрический анализ.			+	+
2.3	Рентгенофазовый анализ.			+	
2.4	Электронная микроскопия.			+	
Вес КМ, %:			25	25	25