

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

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НАНОСИСТЕМ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Реферат Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

П.Г. Макаров

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

П.Г. Макаров

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ современных методов диагностики и тестирования наноматериалов и наноустройств для их использования в перспективных технологиях.

Задачи дисциплины

- изучение современных методов диагностики наноматериалов и наноустройств;
- изучение методов исследования наноструктурных поверхностей и покрытий;
- изучение методов диагностики и измерений электрофизических и тепловых свойств наноматериалов;
- изучение методов сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств..

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-2 Способен применять расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования электромагнитных и теплофизических процессов в низкоразмерных устройствах и материалах	ИД-2ПК-2 Знает особенности процессов в метрологических системах и системах диагностики наноразмерных материалов и устройств	знать: - методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов; - способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств. уметь: - проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах.
РПК-2 Способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-1РПК-2 Способен применять современную экспериментальную технику и методы в теплофизических исследованиях	уметь: - уметь проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Электромеханические и наномеханические системы
- знать Тепловые процессы в наноструктурах

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Основные понятия нанотехнологий	14	3	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия нанотехнологий" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 72-101 [2], 36-48 [3], 192-234
1.1	Основные понятия нанотехнологий	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
2	Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 72-101 [2], 8-22 [3], 192-234
2.1	Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
3	Методы диагностики и тестирования наноматериалов	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы диагностики и тестирования наноматериалов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 72-101 [2], 52-74
3.1	Методы диагностики и тестирования наноматериалов	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	

													[3], 192-234	
4	Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий	20		8	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий	20		8	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
5	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходим 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. Тематика реферата: Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
5.1	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
6	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств	22		4	-	2	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6.1	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств	22		4	-	2	-	-	-	-	-	16	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	

	Всего за семестр	144.0		32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	16	2		-		0.5	93.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Основные понятия нанотехнологий

1.1. Основные понятия нанотехнологий

Понятие нанотехнологий. Краткая история нанотехнологий. Физические основы нанотехнологии. Метрология наносистем. Примеры применения нанотехнологий.

2. Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики

2.1. Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики

Основные понятия зондовой микроскопии. Зондовая микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия.. Атомно-силовая микроскопия. Артефакты. Области применения зондовой микроскопии.. Спектроскопия. Электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS и др.).

3. Методы диагностики и тестирования наноматериалов

3.1. Методы диагностики и тестирования наноматериалов

Механические свойства наноматериалов и методы их анализа. Оптические свойства наноматериалов. Оптическая спектроскопия, спектрофотометры.. Рамановская спектроскопия наноматериалов.

4. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий

4.1. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий

Общая классификация методов. Исследование поверхности методом ИК-Фурье спектроскопии. Рамановская спектроскопия наноматериалов. Лазерная спектроскопия. Фемто- и наносекундная спектроскопия.

5. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов

5.1. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов

Электрофизические свойства наноматериалов и методы их измерений. Удельное электросопротивление наноматериалов: наноконпоненты, пленки, наноконпозиты.. Теплофизические свойства наноматериалов и методы их диагностики: измерение термодинамических параметров и теплопереноса в наноматериалах.

6. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

6.1. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

Порометрия и определение истинной поверхности. Оптический контроль (профилометрия, флуоресценция, эллипсометрия, конфокальная микроскопия). Контроль физических свойств (резистометрия, магнитные измерения). Контроль и тестирование биосовместимости и безопасности наноматериалов.

3.3. Темы практических занятий

1. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств;

2. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов;
3. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий;
4. Методы диагностики и тестирования наноматериалов;
5. Диагностики и тестирования наноматериалов;
6. Метрология наносистем и примеры применения нанотехнологий.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия нанотехнологий"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы диагностики и тестирования наноматериалов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств"

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	3	4	5	6	
Знать:								
способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств	ИД-2ПК-2			+	+			Контрольная работа/Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий
методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов	ИД-2ПК-2	+	+					Контрольная работа/Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств
Уметь:								
проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах	ИД-2ПК-2					+		Реферат/Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов
уметь проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием	ИД-1РПК-2						+	Коллоквиум/Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа)
2. Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Дмитриев, А. С. Физико-химия наноструктур : учебное пособие по курсам "Физико-химия наночастиц и наноматериалов", "Тепловые процессы в наноструктурах", "Химия наноструктур. Часть 2" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" по профилю "Нанотехнологии и наноматериалы для энергетики" / А. С. Дмитриев, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2013. – 240 с. – ISBN 978-5-7046-1356-5.
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=5631>;
2. Суздалев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. – 2-е изд., испр. – М. : Эдиториал УРСС, 2009. – 592 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему). – ISBN 978-5-397-00217-2.;
3. Абрамчук Н. С., Авдошенко Н. С., Баранов А. Н.- "Нанотехнологии. Азбука для всех", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2009 - (368 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2664.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

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 Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-425/2, Лаборатория исследования мезо- и наноструктур	стол, оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования
	М-422/4, Учебная лаборатория	стол, стул, мультимедийный проектор

	криофизики	
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "НТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы диагностики наносистем и наноматериалов

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа)
- КМ-2 Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа)
- КМ-3 Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов (Реферат)
- КМ-4 Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	15
1	Основные понятия нанотехнологий					
1.1	Основные понятия нанотехнологий		+			
2	Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики					
2.1	Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики		+			
3	Методы диагностики и тестирования наноматериалов					
3.1	Методы диагностики и тестирования наноматериалов			+		
4	Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий					
4.1	Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий			+		
5	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов					
5.1	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов				+	
6	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств					
6.1	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств					+
Вес КМ, %:			15	25	25	35