

**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**

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

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f

А.С. Дмитриев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f

А.С. Дмитриев

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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия нанотехнологий" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	
2.1	Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
3	Методы диагностики и тестирования наноматериалов	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы диагностики и тестирования наноматериалов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий"
4.1	Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий	20	8	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 36-48
5	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка реферата:</u></b> 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. Тематика реферата: Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов
5.1	Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 56-78 [3], 192-234
6	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств	22	4	-	2	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств"
6.1	Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств	22	4	-	2	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 116-161 [3], 192-234
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	

	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>		

**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	
<b>Знать:</b>								
способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств	ИД-2 <sub>ПК-2</sub>			+	+			Контрольная работа/Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий
методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов	ИД-2 <sub>ПК-2</sub>	+	+					Контрольная работа/Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств
<b>Уметь:</b>								
проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах	ИД-2 <sub>ПК-2</sub>					+		Реферат/Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов
уметь проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием	ИД-1 <sub>РПК-2</sub>						+	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://elib.mpei.ru/elib/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](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](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