

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
СЕНСОРЫ МЭМС, НЭМС И БИОСЕНСОРЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 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: систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний о современных сенсорах МЭМС, НЭМС и биосенсорах, особенностях их разработки и использования, приобретение навыков выполнения инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач.

Задачи дисциплины

- изучение методов описания современных МЭМС и НЭМС устройств;
- изучение свойств, специфики описания и применении процессов в МЭМС и НЭМС в энергетике;
- приобретение практических навыков обоснования конкретных методических решений при разработке технологических процессов и расчетах схем.

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-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования	ИД-4 _{ПК-1} Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.	знать: - основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ. уметь: - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о принципах функционирования, конструкциями и технологиями.
ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития наноразмерных систем и устройств	ИД-1 _{ПК-3} Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах	знать: - основные методы получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ. уметь: - выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС; - самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи.

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 элементы и приборы нанотехнологий
- знать электротехника и электроника
- знать квантовая и оптическая электроника

- знать материаловедение и технология конструкционных материалов
- знать физико-химия наночастиц и наноматериалов
- знать исследование поверхности в условиях вакуума

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	Основы МЭМС. Преобразователи физических величин	26	2	8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы МЭМС. Преобразователи физических величин" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-47 [2], 19-38 [3], 39-58 [4], 39-58
1.1	Основы МЭМС. Преобразователи физических величин	26		8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	
2	Химические и биомедицинские сенсоры	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Химические и биомедицинские сенсоры" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-47 [3], 39-58 [4], 39-58
2.1	Химические и биомедицинские сенсоры	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
3	Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика	26		8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания
3.1	Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика	26		8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	

													используются следующие упражнения: 1. Разработка принципиальной электрической схемы прототипа биосенсора на базе SMD компонентов 2. Расчет параметров чувствительности МЭМС сенсора <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-47 [3], 39-58 [4], 39-58
4	Основы сенсоров	28	8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение</u>
4.1	Основы сенсоров	28	8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы сенсоров" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-47 [2], 29-48 [3], 39-58 [4], 39-58
5	Перспективы развития наносенсоров	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение</u>
5.1	Перспективы развития наносенсоров	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Перспективы развития наносенсоров" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 32-47 [3], 39-58 [4], 39-58
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	32	2	-	-	-	0.5	77.5		

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. Основы МЭМС. Преобразователи физических величин

1.1. Основы МЭМС. Преобразователи физических величин

Принципы работы. Конфигурации. Свойства. МЭМС и НЭМС. Преобразователи физических величин. Прикладные задачи МЭМС.

2. Химические и биомедицинские сенсоры

2.1. Химические и биомедицинские сенсоры

Принципы работы. Конфигурации. Свойства. Газовые сенсоры.. Структуры на основе микро-нагревательных плит. Проблемы чувствительности, селективности и дрейфа. Чувствительность к ионам водорода. Применение иончувствительных полевых транзисторов (ISFET).. Материалы и принципы преобразования (потенциометрические, амперометрические, термические, оптические, гравиметрические). Процессы биораспознавания и иммобилизации. ISFET, ENFET (Enzyme Field-Effect Transistor – ферментный полевой транзистор), IMFET (Internally Matched Field Effect Transistor – внутренне согласованный полевой транзистор).. Диагностические системы. Системы направленной доставки лекарств. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.. Флуоресцентные методы. Рестрикционное расщепление. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация. Проблемы масштабирования. Микросистемы для ПЦР, интегрированные микрочипы для анализа ДНК.

3. Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика

3.1. Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика

Биомедицинская наноинженерия. Тканевая инженерия и биоматериалы. Медицинская визуализация. Нейропротезирование. Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика. Размерности и масштабы. Методы управления потоками жидкости. Ламинарные потоки. Диффузия. Смешивание. Микрофлюидные устройства и системы. Вентили. Поверхностное натяжение. Двухфазные потоки..

4. Основы сенсоров

4.1. Основы сенсоров

Биосенсоры. Определения. Биорецепторы. Преобразователи. Иммобилизация биологических компонентов. Иммунологический анализ. Взаимодействия антиген-антитело.. Микрофлюидные чипы для иммуноанализа. Электрохимические биодатчики. Потенциометрические и амперометрические биодатчики. Области применения. Датчики уровня кислорода и глюкозы в крови.. Оптические биодатчики. Флуоресценция. Хемилюминесценция. Колориметрический анализ уровня глюкозы. Микрочипы на основе электрохемилюминесценции. Массочувствительные детекторы..

5. Перспективы развития наносенсоров

5.1. Перспективы развития наносенсоров

Поверхностная и объемная микрообработка. Усовершенствование технологий. Интеграция (системы на чипе), повышение точности (увеличение производительности), групповое изготовление (снижение стоимости), миниатюризация (портативность; прочность; низкое потребление энергии; простота внедрения, обслуживания и замены; снижение вреда для окружающей среды).

3.3. Темы практических занятий

1. Биодатчики. Определения. Биорецепторы. Преобразователи.;
2. Иммобилизация биологических компонентов. Иммунологический анализ.;
3. Взаимодействия антиген-антитело.;
4. Микрофлюидные чипы для иммуноанализа.;
5. Электрохимические биодатчики.;
6. Потенциометрические и амперометрические биодатчики. Области применения..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы МЭМС. Преобразователи физических величин"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Химические и биомедицинские сенсоры"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы сенсоров"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Перспективы развития наносенсоров"

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	
Знать:							
основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	ИД-4 _{ПК-1}	+					Контрольная работа/Газовые сенсоры
основные методы получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	ИД-1 _{ПК-3}		+			+	Контрольная работа/Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика
Уметь:							
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о принципах функционирования, конструкциями и технологиями	ИД-4 _{ПК-1}			+			Контрольная работа/Электрохимические биодатчики
самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи	ИД-1 _{ПК-3}				+	+	Контрольная работа/Тканевая инженерия и биоматериалы
выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС	ИД-1 _{ПК-3}			+			Расчетно-графическая работа/Оптические биодатчики

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: Письменная работа

1. Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа)
2. Газовые сенсоры (Контрольная работа)
3. Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа)
4. Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)
5. Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

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. Фрайден, Д. Современные датчики : справочник : пер. с англ. / Д. Фрайден. – М. : Техносфера, 2006. – 592 с. – (Мир электроники). – ISBN 5-948360-50-4.;
2. Варадан, В. ВЧ МЭМС и их применение : пер. с англ. / В. Варадан, К. Виной, К. Джозе. – М. : Техносфера, 2004. – 528 с. – (Мир электроники). – ISBN 5-948360-30-X.;
3. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы : учебное пособие для вузов по специальности "Приборостроение" направления подготовки "Приборостроение" / В. Я. Распопов. – М. : Машиностроение, 2007. – 400 с. – ISBN 5-217-03360-6.;
4. Распопов В. Я.- "Микромеханические приборы", Издательство: "Машиностроение", Москва, 2007 - (400 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=753.

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-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 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	сервер, кондиционер

	зал ИВЦ	
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

Сенсоры МЭМС, НЭМС и биосенсоры

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Газовые сенсоры (Контрольная работа)
 КМ-2 Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа)
 КМ-3 Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)
 КМ-4 Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа)
 КМ-5 Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	11	13	15
1	Основы МЭМС. Преобразователи физических величин						
1.1	Основы МЭМС. Преобразователи физических величин		+				
2	Химические и биомедицинские сенсоры						
2.1	Химические и биомедицинские сенсоры			+			
3	Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика						
3.1	Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика				+	+	
4	Основы сенсоров						
4.1	Основы сенсоров						+
5	Перспективы развития наносенсоров						
5.1	Перспективы развития наносенсоров			+			+
Вес КМ, %:			15	20	25	20	20