

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Сенсоры МЭМС, НЭМС и биосенсоры**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29

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-aaaaeae29

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

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-4 Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

2. ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития наноразмерных систем и устройств

ИД-1 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	11	13	15
Основы МЭМС. Преобразователи физических величин						
Основы МЭМС. Преобразователи физических величин		+				
Химические и биомедицинские сенсоры						
Химические и биомедицинские сенсоры			+			
Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика						
Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика				+	+	

Основы сенсоров					
Основы сенсоров					+
Перспективы развития наносенсоров					
Перспективы развития наносенсоров		+			+
Вес КМ:	15	20	25	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> 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	Газовые сенсоры (Контрольная работа) Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> 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: самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь	Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа) Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа) Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)

		применять их для решения поставленной задачи выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС	
--	--	--	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Газовые сенсоры

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

#### Краткое содержание задания:

Ответить на поставленный вопрос

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит.</li><li>2. Проблемы чувствительности, селективности и дрейфа.</li><li>3. Чувствительность к ионам водорода.</li><li>4. Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET).</li><li>5. Материалы и принципы преобразования (потенциометрические, амперометрические, термические, оптические, гравиметрические).</li><li>6. Диагностические системы. Системы направленной доставки лекарств.</li><li>7. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.</li><li>8. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-2. Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	1.Биомедицинская наноинженерия. 2.Тканевая инженерия и биоматериалы. 3.Медицинская визуализация. 4.Нейропротезирование. 5.Биосенсоры МЭМС. 6.Микрофлюидика. Размерности и масштабы.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-3. Электрохимические биодатчики

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о принципах функционирования, конструкциями и технологиями	1.Биосенсоры. 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.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. Оптические биодатчики**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Разработка принципиальной электрической схемы прототипа биосенсора

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС	<p>1.Разработка принципиальной электрической схемы прототипа биосенсора на базе SMD компонентов (варьируются: - преобразователь физических величин (термический, электростатический, электромагнитный, пьезоэлектрический); - тип чувствительного элемента и способ его установки в устройство (диафрагма, консоль, многоэлементный подвес).</p> <p>2.Расчет параметров чувствительности МЭМС сенсора (варьируются: - преобразователь физических величин (термический, электростатический, электромагнитный, пьезоэлектрический); - тип чувствительного элемента и способ его установки в устройство (диафрагма, консоль, многоэлементный подвес).</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-5. Тканевая инженерия и биоматериалы**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.</li> <li>2.Тканевая инженерия и биоматериалы.</li> <li>3.Медицинская визуализация.</li> <li>4.Нейропротезирование.</li> <li>5.Биосенсоры МЭМС.</li> <li>6.Оптические биодатчики.</li> <li>7.Электрохимические биодатчики.</li> <li>8.Микрофлюидные чипы для иммуноанализа.</li> </ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Преобразователи физических величин.
2. Поверхностная и объемная микрообработка. Усовершенствование технологий. Интеграция (системы на чипе), повышение точности (увеличение производительности).

### Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам и предполагает ответ студента на поставленные вопросы. К началу зачета с оценкой преподаватель подготавливает следующие документы: - экзаменационные билеты; - наглядные пособия, материалы справочного характера, нормативные документы и образцы техники, разрешенные к использованию на экзамене;

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-1 Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

### Вопросы, задания

1. Химические сенсоры. Принципы работы. Конфигурации. Свойства.
2. Тканевая инженерия и биоматериалы.
3. Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит.
4. Электрохимические биодатчики.
5. Проблемы чувствительности, селективности и дрейфа.
6. Нейропротезирование.
7. Чувствительность к ионам водорода.
8. Микрофлюидика. Размерности и масштабы.
9. Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET).
10. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.
11. Материалы и принципы преобразования (потенциометрические, амперометрические, термические, оптические, гравиметрические).
12. Методы управления потоками жидкости. Ламинарные потоки. Диффузия. Смешивание.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Преобразователи физических величин.
2. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.
3. Флуоресцентные методы.
4. Медицинская визуализация.
5. Микрофлюидика. Размерности и масштабы.
6. Иммунизация биологических компонентов. Иммунологический анализ.
7. Электрохимические биодатчики.
8. Потенциометрические и амперометрические биодатчики. Области применения.
9. Оптические биодатчики. Флуоресценция. Хемилюминесценция. Колориметрический анализ уровня глюкозы.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-3 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах

### **Вопросы, задания**

1. Преобразователи физических величин.
2. Поверхностная и объемная микрообработка. Усовершенствование технологий. Интеграция (системы на чипе), повышение точности (увеличение производительности).
3. Принципы работы сенсоров. Физические принципы их действия
4. Микрочипы на основе электрохемилюминесценции. Массочувствительные детекторы.
5. Конфигурации сенсоров. Свойства отдельных элементов сенсоров.
6. Оптические биодатчики. Флуоресценция. Хемилюминесценция. Колориметрический анализ уровня глюкозы.
7. МЭМС и НЭМС. Прикладные задачи МЭМС.
8. Датчики уровня кислорода и глюкозы в крови.
9. Процессы биораспознавания и иммобилизации. ISFET, ENFET (Enzyme Field-Effect Transistor – ферментный полевой транзистор), IMFET (Internally Matched Field Effect Transistor – внутренне согласованный полевой транзистор).
10. Микрофлюидные устройства и системы. Вентили. Поверхностное натяжение. Двухфазные потоки.
11. Диагностические системы. Системы направленной доставки лекарств.
12. Иммобилизация биологических компонентов. Иммунологический анализ.
13. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.
14. Микрофлюидные чипы для иммуноанализа.
15. Флуоресцентные методы.
16. Рестрикционное расщепление. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Принципы работы сенсоров. Физические принципы их действия
2. МЭМС и НЭМС. Прикладные задачи МЭМС.
3. Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит.
4. Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET).
5. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.
6. Тканевая инженерия и биоматериалы.
7. Биосенсоры МЭМС.

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***