

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника, лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физические основы нанотехнологий**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Павлов И.Н.
	Идентификатор	R1092bb5e-PavlovIN-b3da3f0e

И.Н. Павлов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д. Баринов

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

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 проводить, сопровождать работы, организовывать обучение персонала по проектированию и конструированию лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

ИД-1 Знает методику теоретических и экспериментальных исследований для разработки и создания новых квантово-оптических систем и комплексов

ИД-4 Умеет проводить, сопровождать и формулировать предложения по использованию теоретических и экспериментальных исследований в области лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

2. ПК-2 Способен проводить исследования и реализовывать проектные решения с помощью лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

ИД-1 Знает методики анализа результатов испытаний технологических линий и квантово-оптических приборов и комплексов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Мини-конференция по нанотехнологиям (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы исследования наноматериалов (Контрольная работа)

2. Методы получения наноматериалов (Контрольная работа)

3. Патентный поиск в области нанотехнологий (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Нанотехнологические объекты, понятия и термины (Перекрестный опрос)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Нанотехнологические объекты, понятия и термины (Перекрестный опрос)

КМ-2 Методы исследования наноматериалов (Контрольная работа)

КМ-3 Методы получения наноматериалов (Контрольная работа)

КМ-4 Патентный поиск в области нанотехнологий (Контрольная работа)

КМ-5 Мини-конференция по нанотехнологиям (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 5
	Срок КМ:	4	8	12	14	16
Создание и исследование наноструктур						
Нанотехнологические объекты, понятия и термины	+					
Сканирующие зондовые микроскопы. Туннельный микроскоп			+			
Атомно-силовой микроскоп. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия			+			
Способы получения наноматериалов методами «сверху вниз»				+		
Способы получения наноматериалов методами «снизу вверх»				+		
Физические принципы формирования наноструктур и наноматериалов						
Квантово-размерные эффекты					+	
Электронная структура фуллеренов, нанотрубок и графена					+	
Электронные свойства углеродных наноструктур					+	
Самосборка и самоорганизация наноструктур						+
Вес КМ:		10	20	15	25	30

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-1 _{ПК-1} Знает методику теоретических и экспериментальных исследований для разработки и создания новых квантово-оптических систем и комплексов	Знать: Основные современные методы исследования и синтеза наноматериалов	КМ-1 Нанотехнологические объекты, понятия и термины (Перекрестный опрос)
ПК-1	ИД-4 _{ПК-1} Умеет проводить, сопровождать и формулировать предложения по использованию теоретических и экспериментальных исследований в области лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов	Уметь: Выбирать нужные методы исследования и синтеза конкретных наноматериалов Представлять и аргументированно защищать результаты выполненной работы Выбирать пути решения поставленных профессиональных задач и оценивать эффективность сделанного выбора	КМ-2 Методы исследования наноматериалов (Контрольная работа) КМ-3 Методы получения наноматериалов (Контрольная работа) КМ-5 Мини-конференция по нанотехнологиям (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Знает методики анализа результатов испытаний	Знать: Тенденции и перспективы развития электроники и	КМ-4 Патентный поиск в области нанотехнологий (Контрольная работа)

	технологических линий и квантово-оптических приборов и комплексов	наноэлектроники, а также нанооптики и других областей нанотехнологий	
--	---	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Нанотехнологические объекты, понятия и термины

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты отвечают на вопросы преподавателя.

Краткое содержание задания:

Ответьте на предложенные вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные современные методы исследования и синтеза наноматериалов	1.Что такое нанотехнологии? 2.Что является объектом изучения нанотехнологий? 3.Назовайте две основные причины, которые могут приводить к появлению новых свойств нанообъектов.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Методы исследования наноматериалов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту выдается индивидуальное задание на 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

Подобрать и обосновать метод исследования или измерения данной характеристики наноматериала.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Выбирать нужные методы исследования и синтеза конкретных наноматериалов	1.Определить положение атомов ксенона в надписи IBM 2.Распределение диэлектрической проницаемости пленки феррита-граната 3.Расположение молекул в спирали ДНК 4.Рельеф поверхности объемного фотонного кристалла 5.Дефекты кристаллической структуры вольфрамовой иглы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Методы получения наноматериалов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту выдается индивидуальное задание на 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

Подобрать и обосновать наиболее оптимальный способ получения наноматериала с заданными характеристиками.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Выбирать пути решения поставленных профессиональных задач и оценивать	1.Большая интегральная схема, содержащая полевые транзисторы с

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
эффективность сделанного выбора	характерным размером 22 нм 2.Одностенные углеродные нанотрубки 3.Мелкодисперсное вкрапленное золото в арсенопиритных концентратах 4.Нанопорошок железа с размером частиц около 15 нм и низкой дисперсией 5.Наночастицы AlN размером 15-80 нм, имеющие кубическую структуру

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Патентный поиск в области нанотехнологий

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту выдается индивидуальное задание на 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

Освоить принципы работы с поисковыми системами по патентным документам, найти патент на тему нанотехнологий, рассказать суть изобретения.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также нанооптики и других областей нанотехнологий	1.Представьте результаты патентного поиска в виде презентации

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-5. Мини-конференция по нанотехнологиям

Формы реализации: Выступление (доклад)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент готовит презентацию на 7-10 минут по заранее выбранной им статье по интересующей его теме из раздела нанотехнологий. Остальные студенты слушают и задают вопросы.

Краткое содержание задания:

Найти статью (желательно на английском языке) в одной из международных систем научного цитирования, тщательно ее изучить, включая библиографические ссылки, подготовить презентацию.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Представлять и аргументированно защищать результаты выполненной работы	1.Доложите результаты выбранной статьи в виде презентации для мини-конференции

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Методы исследования наноматериалов. Классификация методов. Общие принципы работы сканирующей зондовой микроскопии.
2. Выбрать и обосновать метод исследования структуры УНТ и наличия внутри нее другого нанообъекта.

Процедура проведения

Студент получает билет и имеет возможность подготовиться к ответу в течение часа. При подготовке ответа на практический вопрос есть возможность пользоваться личным конспектом, составленным на практических занятиях, в течение 10-15 минут. После истечения указанного времени или по мере готовности студента последний озвучивает подготовленные ответы преподавателю, который имеет право задавать уточняющие вопросы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Знает методику теоретических и экспериментальных исследований для разработки и создания новых квантово-оптических систем и комплексов

Вопросы, задания

- 1.1. Методы исследования наноматериалов. Классификация методов. Общие принципы работы сканирующей зондовой микроскопии.
2. Выбрать и обосновать метод исследования структуры УНТ и наличия внутри нее другого нанообъекта.
- 2.1. Методы получения наноматериалов. Основные методы по технологии «сверху-вниз».
2. Выбрать и обосновать метод исследования изменения энергетической структуры атома в зависимости от его химического окружения.
- 3.1. Методы получения наноматериалов. Основные методы по технологии «снизу-вверх».
2. Выбрать и обосновать метод определения динамики изменения положения атомов на поверхности металлического материала в процессе нагревания.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что из перечисленного не относится к зондовым микроскопам?

Ответы:

- 1) Атомно-силовой микроскоп 2) Сканирующий туннельный микроскоп 3) Растровый электронный микроскоп

Верный ответ: Растровый электронный микроскоп

2. В чем основное преимущество сканирующего ближнепольного оптического микроскопа перед атомно-силовым и сканирующим туннельным?

Ответы:

- 1) Он позволяет изучать живые клетки, так как не требует вакуумирования 2) Он обладает лучшей разрешающей способностью 3) Он проще по устройству и применению

Верный ответ: Он позволяет изучать живые клетки, так как не требует вакуумирования

2. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-1} Умеет проводить, сопровождать и формулировать предложения по использованию теоретических и экспериментальных исследований в области лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

Вопросы, задания

- 1.1. Принципы работы атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов, их возможные модификации.
2. Выбрать и обосновать метод создания рисунка на поверхности из отдельных атомов.
- 2.1. Принцип работы электронного микроскопа, сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, классификация СБОМ.
2. Выбрать и обосновать метод определения молекулярного состава примесей в исследуемом образце.
- 3.1. Электронная структура фуллеренов и графена.
2. Выбрать и обосновать метод получения мономолекулярных магнитных пленок.
- 4.1. Электронные свойства углеродных нанотрубок.
2. Выбрать и обосновать метод определения дефектов кристаллической структуры вольфрамовой иглы.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Объекты какого размера изучаются в нанотехнологиях:
Ответы:
1) 1-10 нм 2) 10-100 нм 3) 1-100 нм хотя бы по одному измерению
Верный ответ: 1-100 нм хотя бы по одному измерению
2. Является ли пористый кристалл размером 1 см x 1 см x 1 см с размером пор 10 нм объектом изучения нанотехнологий?
Ответы:
1) Да 2) Нет 3) Да, только если наличие пор изменяет свойства материала, из которого он состоит
Верный ответ: Да, только если наличие пор изменяет свойства материала, из которого он состоит
3. На какие две категории делятся методы изготовления наноматериалов?
Ответы:
1) Снизу вверх и сверху вниз 2) Слева направо и справа налево 3) Прямые и обратные
Верный ответ: Снизу вверх и сверху вниз
4. Чего нельзя изготовить из углеродных нанотрубок?
Ответы:
1) Транзистор 2) Ячейку памяти 3) Трос, по которому на лифте можно подняться на Луну
Верный ответ: Трос, по которому на лифте можно подняться на Луну
5. Что такое графен?
Ответы:
1) Двумерный лист углерода 2) Атомы углерода, расположенные таким образом, что образуют футбольный мяч 3) Сосуд для воды или прохладительных напитков
Верный ответ: Двумерный лист углерода
6. Почему при самоорганизации энтропия понижается, но при этом не нарушается второе начало термодинамики?
Ответы:
1) Потому что самоорганизующимися могут быть только открытые системы, обменивающиеся энергией и материей с окружающей средой 2) Потому что второе начало термодинамики никак не связано с энтропией 3) Потому что энтропия, так же

как, например, справедливость, - придуманное человеком понятие и в природе не существует

Верный ответ: Потому что самоорганизующимися могут быть только открытые системы, обменивающиеся энергией и материей с окружающей средой

7. Почему в наноразмерном состоянии обычные вещества приобретают новые свойства?

Ответы:

1) Увеличивается роль поверхностных атомов и квантовых свойств 2) Потому что их нельзя измерить теми же приборами, что и свойства макрообъектов 3) Это современная магия

Верный ответ: Увеличивается роль поверхностных атомов и квантовых свойств

8. Каков физический смысл волновой функции?

Ответы:

1) Она описывает волну де Бройля 2) Она описывает вероятности распределения квантовых систем по энергетическим уровням 3) Она не имеет физического смысла; физический смысл имеет квадрат ее модуля

Верный ответ: Она не имеет физического смысла; физический смысл имеет квадрат ее модуля

9. Что из перечисленного не относится к методам получения наноматериалов?

Ответы:

1) Механическое диспергирование 2) Фотолитография 3) Метод Чохральского

Верный ответ: Метод Чохральского

10. Как называется молекула, состоящая из атомов углерода и по форме похожая на кожаный футбольный мяч?

Ответы:

1) Графен 2) Ball 3) Фуллерен 4) Углеродный мяч

Верный ответ: Фуллерен

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Знает методики анализа результатов испытаний технологических линий и квантово-оптических приборов и комплексов

Вопросы, задания

1.1. Размерные эффекты в квантовых ямах, нитях и точках.

2. Выбрать и обосновать метод получения нанопорошка вольфрама с размером частиц 15 нм и низкой дисперсией.

2.1. Перспективы применения углеродных наноструктур в наноэлектронике и оптоэлектронике.

2. Выбрать и обосновать метод определения толщины нанометровой золотой пленки на стеклянной подложке.

3.1. Процессы самоорганизации и самосборки. Самосборка наноструктур при высушивании капель коллоидных растворов.

2. Выбрать и обосновать метод получения многослойных полупроводниковых гетероструктур.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что означает приставка “нано-” в нанотехнологиях?

Ответы:

А) Размер создаваемых и изучаемых объектов меньше 100 нм по всем пространственным измерениям.

Б) Размер создаваемых и изучаемых объектов меньше 100 нм хотя бы по одному из пространственных измерений.

В) Размер создаваемых и изучаемых объектов составляет единицы нм, т.е. не превышает 10 нм.

Г) Размер создаваемых и изучаемых объектов меньше 100 нм по двум пространственным измерениям.

Верный ответ: Б) Размер создаваемых и изучаемых объектов меньше 100 нм хотя бы по одному из пространственных измерений.

2. Доклад “Там внизу много места”, мотивирующий заняться диапазоном размеров, который позже отнесут к нанотехнологиям, принадлежит

Ответы:

А) Ричарду Фейнману.

Б) Джон фон Нейману.

В) Теодору Мейману.

Г) Ричарду Докинзу.

Верный ответ: А) Ричарду Фейнману.

3. Как доля атомов на поверхности зависит от размера объекта?

Ответы:

А) Убывает с уменьшением размера объекта.

Б) Не меняется при изменении размера объекта.

В) Рост или убывание зависит от формы поверхности объекта.

Г) Растёт с уменьшением размера объекта.

Верный ответ: Г) Растёт с уменьшением размера объекта.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания при выборе приборов лазерной техники для решения той или иной технической задачи.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы билета и дополнительные вопросы; б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела программы курса.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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