

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Квантовая и оптическая электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Нанооптика**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)


И.Н. Павлов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)


Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

## 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 осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

ИД-1 Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Защита реферата (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Свойства электромагнитных волн и их распространение через неоднородные среды» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 «Терминология нанооптики» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Устный опрос по теме «Введение. Объект изучения нанооптики» (Перекрестный опрос)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Теоретическое введение					
Введение. Цели и объекты изучения.	+				
Основные оптические законы и подходы в наноразмерных масштабах			+		
Распространение и фокусировка оптических полей			+		
Пространственное разрешение оптической системы. Качество позиционирования			+		
Наноразмерная оптическая микроскопия					

Конфокальная микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.			+	
Зонды для микроскопии ближнего поля. Методы управления расстоянием между образцом и зондом.			+	
Приложения нанооптики				
Принципы работы оптического пинцета (твизера). Световое давление.			+	
Поверхностные плазмоны в нанооптике				+
Фотонные кристаллы и другие метаматериалы				+
Вес КМ:	10	25	35	30

\$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-1 <sub>ПК-1</sub> Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	<p>Знать:</p> <p>основные тенденции развития оптоэлектроники, необходимые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства</p> <p>основные термины и понятия нанооптики, используемые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию</p>	<p>Устный опрос по теме «Введение. Объект изучения нанооптики» (Перекрестный опрос)</p> <p>Контрольная работа №1 «Свойства электромагнитных волн и их распространение через неоднородные среды» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа №2 «Терминология нанооптики» (Контрольная работа)</p> <p>Защита реферата (Реферат)</p>

		<p>и выбирать необходимые элементы при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства</p> <p>проводить анализ и рассчитывать параметры взаимодействия оптического излучения с веществом при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства</p>	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Устный опрос по теме «Введение. Объект изучения нанооптики»

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольное мероприятие проводится в форме устного перекрестного опроса по пройденной теме "Введение в нанооптику". В течение 15 минут в начале занятия студентам предлагаются вопросы, на которые они отвечают. В конце мероприятия выставляется оценка по результатам активности.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на предлагаемые вопросы.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные тенденции развития оптоэлектроники, необходимые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие разделы изучаются в рамках дисциплины “Нанооптика”?</li><li>2.Что такое нанотехнологии?</li><li>3.Чем объясняется появление новых свойств у наноразмерных или наноструктурированных материалов?</li><li>4.Что является объектом изучения нанооптики?</li><li>5.Сформулируйте основную идею нанооптики.</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

### КМ-2. Контрольная работа №1 «Свойства электромагнитных волн и их распространение через неоднородные среды»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная контрольная работа по вариантам. В каждом варианте по 2 задачи.

**Краткое содержание задания:**

Написать решение предлагаемой задачи и довести до числового ответа.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить анализ и рассчитывать параметры взаимодействия оптического излучения с веществом при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства</p>	<p>1. Написать уравнение для всех компонент плоской монохроматической волны, распространяющейся в среде с показателем преломления <math>n=1,6520</math> в направлении, составляющем углы <math>30^\circ</math> и <math>60^\circ</math> с осями <math>OX</math> и <math>OZ</math> соответственно при следующих параметрах: длина волны в вакууме равна <math>0,633</math> мкм, плотность мощности – <math>1</math> Вт/см<sup>2</sup>, плоскость поляризации составляет <math>45^\circ</math> с плоскостью <math>XOZ</math>.</p> <p>2. Естественный свет с интенсивностью <math>I</math> падает под углом Брюстера из воздуха на плоскопараллельную стеклянную пластину с показателями преломления <math>n = 1,50</math>. Найти интенсивность и степень поляризации прошедшего через пластину пучка.</p> <p>3. Определить фокусное расстояние тонкого компонента в воздухе, если расстояние между предметом и изображением <math>L = 300</math> мм, размер предмета <math>y = 2</math> см, изображения <math>y' = -1,2</math> см.</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*

**КМ-3. Контрольная работа №2 «Терминология нанооптики»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа состоит из 10 вопросов. Вопросы озвучиваются последовательно, на каждый ответ выделяется не более 3 минут. Ответы даются письменно в течение этого времени. В конце мероприятия работы сдаются преподавателю.

**Краткое содержание задания:**

Сформулируйте максимально развернутые ответы на предложенные вопросы (включая формулы, рисунки и т.д.)



**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные термины и понятия нанооптики, используемые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что является объектом изучения нанооптики?</li> <li>2. Что такое дифракционный предел и чем объясняется его существование?</li> <li>3. Написать определение термина «Эванесцентная волна».</li> <li>4. Написать определение термина «Пропагатор поля».</li> <li>5. Что такое функция рассеяния точки?</li> <li>6. Что такое осевое разрешение?</li> <li>7. В чем заключается основная идея конфокальной микроскопии?</li> <li>8. В чем заключается основная идея микроскопии ближнего поля?</li> <li>9. Что такое зонд ближнепольного оптического микроскопа?</li> <li>10. Что такое поверхностные плазмоны?</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*

**КМ-4. Защита реферата**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита реферата в виде презентации на 5-7 минут по заданной теме.

**Краткое содержание задания:**

Подготовить презентацию и текст доклада для выступления на заданную тему.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые элементы при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности распространения и фокусировки оптических пучков в наноразмерных масштабах.</li> <li>2. Методы повышения пространственного разрешения оптических систем до нанометровых значений.</li> <li>3. Классификация и виды наноразмерных оптических микроскопов.</li> <li>4. Типы и способы изготовления зондов для оптической микроскопии ближнего поля.</li> </ol>
--	---

контроля пространства	космического	5.Методы управления расстоянием между образцом и зондом. 6.Виды и характеристики квантовых излучателей. 7.Фотонные кристаллы и оптические микрорезонаторы. 8.Поверхностные плазмоны в нанооптике.
--------------------------	--------------	--

**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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

**Пример билета**

1. Вопросы, изучаемые в нанооптике: что такое нанотехнологии, нанооптика, объект изучения нанооптики, дифракционный предел, взаимодействие света с наноразмерными системами, преимущества оптических методов.
2. Написать уравнение для всех компонент плоской монохроматической волны, распространяющейся в среде с показателем преломления  $n=1,6520$  в направлении, составляющем углы  $30^\circ$  и  $60^\circ$  с осями  $OX$  и  $OZ$  соответственно при следующих параметрах: длина волны в вакууме равна  $0,633$  мкм, плотность мощности –  $1$  Вт/см<sup>2</sup>, плоскость поляризации составляет  $45^\circ$  с плоскостью  $XOZ$ .

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

### **Вопросы, задания**

- 1.1. Подсветка в дальнем поле и детектирование в ближнем поле (схемы и принципы работы микроскопов данного типа).
2. Определить фокусное расстояние тонкого компонента в воздухе, если расстояние между предметом и изображением  $L = 300$  мм, размер предмета  $y = 2$  см, изображения  $y' = -1,2$  см.
  - 2.1. Вопросы, изучаемые в нанооптике: распространение и фокусировка оптических полей.
  2. Найти степень поляризации отраженного луча от стеклянной пластинки с показателем преломления  $1,5265$  при угле падения  $60^\circ$ , если падающий свет имеет правую круговую поляризацию.
- 3.1. Принципы микроскопии ближнего поля.
  2. С помощью расчета первого параксиального луча определить фокусные расстояния сферической преломляющей поверхности радиусом  $r = 100$  мм, разделяющей две среды с показателями преломления  $n_1 = 1,3328$  и  $n_2 = 1,6328$ .
- 4.1. Принципы конфокальной микроскопии.
  2. Толстая линза с радиусами кривизны  $r_1 = 50$  см и  $r_2 = -50$  см толщиной  $d = 2,0$  см выполнена из стекла с показателем преломления  $n = 1,5500$ . С помощью матричных методов определить фокусные расстояния линзы, положение фокусов и главных плоскостей.

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

1. Приставка "нано-" означает

Ответы:

- А) 10<sup>9</sup>.
- Б) 10<sup>-3</sup>.
- В) 10<sup>-9</sup>.
- Г) 10<sup>-6</sup>.

Верный ответ: В) 10-9.

2.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.

3.Первое упоминание методов и идей нанотехнологий и фраза: «Там внизу ещё много места» – принадлежит:

Ответы:

- А) Ричарду Фейнману.
- Б) Джон фон Нейману.
- В) Теодору Мейману.
- Г) Ричарду Докинзу.

Верный ответ: А) Ричарду Фейнману.

4.Как доля атомов на поверхности объекта по отношению к количеству всех атомов, составляющих этот объект, 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.

5.Что ограничивает фокусировку пучков ионов, электронов и излучения (света)?

Ответы:

- А) Размер частиц.
- Б) Масса частиц.
- В) Длина волны, длина волны де Бройля.
- Г) Интенсивность пучка, излучения.

Верный ответ: В) Длина волны, длина волны де Бройля.

6.Нанооптика – это

Ответы:

- А) раздел нанотехнологий, в котором изучаются взаимодействия наночастиц с живыми системами.
- Б) раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и принципы построения изображений в оптических системах без учёта волновых свойств света.
- В) раздел оптики, изучающий взаимодействие света с наноразмерными структурами.
- Г) раздел физической оптики, изучающий интерференцию, дифракцию, поляризацию и другие явления, для которых необходимо волновое представление природы света.

Верный ответ: В) раздел оптики, изучающий взаимодействие света с наноразмерными структурами.

7.Функция рассеяния точки –

Ответы:

- А) это зависимость дифракционного предела от размера источника.

Б) это характеристика передачи структуры предмета оптической системой как функции пространственных частот.

В) это функция зависимости периода интерференционных колец от длины волны излучения.

Г) это изображение точечного источника, даваемое оптической системой.

Верный ответ: Г) это изображение точечного источника, даваемое оптической системой.

8. Эванесцентная волна образуется

Ответы:

А) в однородных средах.

Б) в неоднородных средах, например, на границе раздела двух сред.

В) в пучках света высокой интенсивности.

Г) в области фокусировки излучения.

Верный ответ: Б) в неоднородных средах, например, на границе раздела двух сред.

9. Пространственная частота измеряется в

Ответы:

А) м-1.

Б) Гц.

В) с.

Г) рад.

Верный ответ: А) м-1.

10. Критерий Рэлея – изображение двух одинаковых источников разрешимо, если

Ответы:

А) центральный максимум дифракции от одного источника совпадает с первым минимумом от другого.

Б) первый минимум дифракции от одного источника совпадает с первым минимумом от другого.

В) центральный максимум дифракции от одного источника совпадает со вторым минимумом от другого.

Г) центральный максимум дифракции от одного источника совпадает с центральным максимумом от другого.

Верный ответ: А) центральный максимум дифракции от одного источника совпадает с первым минимумом от другого.

11. Фотоны с большими энергиями соответствуют

Ответы:

А) большим длинам волн.

Б) большим частотам.

В) большим скоростям распространения.

Г) меньшим частотам.

Верный ответ: Б) большим частотам.

12. Какое из уравнений Максвелла имеет следующий физический смысл: «не существует магнитных зарядов».

Ответы:

А)

Б)

В)

Г)

Верный ответ: Б)

13. Какое из уравнений Максвелла имеет следующий физический смысл: «изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле».

Ответы:

А)

- Б)
- В)
- Г)

Верный ответ: В)

14. Поляризация света –

Ответы:

- А) это упорядоченные колебания в пространстве вектора напряжённости электрического поля световой волны.
- Б) это физическое свойство веществ приобретать электрический или магнитный дипольный момент во внешнем электромагнитном поле.
- В) это нелинейный оптический процесс, вызванный изменением показателя преломления материалов, подвергающихся интенсивному электромагнитному излучению.
- Г) это нелинейно-оптический процесс, в котором фотоны с одинаковой частотой, взаимодействуя с нелинейным материалом, объединяются для формирования новых фотонов с удвоенной энергией.

Верный ответ: А) это упорядоченные колебания в пространстве вектора напряжённости электрического поля световой волны.

15. Сигнал оптического ближнего поля, детектируемый зондом с поверхности образца, с увеличением зазора между зондом и образцом

Ответы:

- А) растёт.
- Б) не меняется.
- В) рост или спад зависит от формы зонда.
- Г) уменьшается.

Верный ответ: Г) уменьшается.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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 принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*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.

## **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.