

**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: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАНООПТИКА**

<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.01.11</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 39,7 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>Перекрестный опрос</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Реферат</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2025**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

И.Н. Павлов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74bf

Н.М.  
Скорнякова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74bf

Н.М.  
Скорнякова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение оптических методов исследования физических процессов в нанотехнологиях и принципов работы современных наномикроскопов.

### Задачи дисциплины

- изучение принципов создания простейших современных систем нанооптики;
- формирование навыка использования различных оптических методов и материалов с целью достижения поставленных задач;
- приобретение навыков принятия и обосновывания конкретных технических решений при последующем конструировании систем нанооптики.

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 строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок в области лазерной и оптической измерительной электроники, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ИД-3ПК-2 Знает методы технического управления разработкой и разработки алгоритмов управления и обработки информации в квантово-оптических системах	знать: - основные термины и понятия нанооптики, используемые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства; - основные тенденции развития оптоэлектроники, необходимые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства.  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; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые элементы при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы распространения и взаимодействия света с веществом
- знать основные принципы физической и геометрической оптики
- уметь производить математические операции с комплексными числами
- уметь вычислять преобразования Фурье для простейших функций одной переменной
- уметь рассчитывать параметры оптического излучения в различных условиях

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 2 зачетных единицы, 72 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	Теоретическое введение	26	7	16	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение. Цели и объекты изучения." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], с. 5-35</p>	
1.1	Введение. Цели и объекты изучения.	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
1.2	Основные оптические законы и подходы в наноразмерных масштабах	8		4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
1.3	Распространение и фокусировка оптических полей	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
1.4	Пространственное разрешение оптической системы. Качество позиционирования	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Наноразмерная оптическая микроскопия	12		8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> зад. 5.1, 5.3. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Проработка и повторение пройденного материала, выполнение домашнего задания. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 133-162</p>	
2.1	Конфокальная микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2.2	Зонды для микроскопии ближнего поля.	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-

	Методы управления расстоянием между образцом и зондом.												
3	Приложения нанооптики	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Проработка и повторение пройденного материала. <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [3], с. 69-89
3.1	Принципы работы оптического пинцета (твизера). Световое давление.	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
3.2	Поверхностные плазмоны в нанооптике	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
3.3	Фотонные кристаллы и другие метаматериалы	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>22</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Теоретическое введение

#### 1.1. Введение. Цели и объекты изучения.

Введение. Объект изучения. Вопросы, изучаемые в нанооптике: теоретические методы в нанооптике, взаимодействие света с наноразмерными системами, оптическое взаимодействие между наносистемами, резонансные явления, сильно сфокусированный свет, дифракционный предел света. Роль нанооптики в развитии нанотехнологий..

#### 1.2. Основные оптические законы и подходы в наноразмерных масштабах

Макроскопическая электродинамика: волновое уравнение, материальные уравнения, граничные условия, характеристики эванесцентных полей..

#### 1.3. Распространение и фокусировка оптических полей

Параксиальное приближение для оптических полей, лазерные моды более высокого порядка, продольные поля в фокальной области, фокусировка световых пучков, поля в фокусе линзы, фокусировка поля вблизи плоских поверхностей..

#### 1.4. Пространственное разрешение оптической системы. Качество позиционирования

Функция рассеяния точки, предел разрешения, методы повышения разрешения, принципы конфокальной микроскопии, точность позиционирования лазерного пучка, принципы микроскопии ближнего поля..

### 2. Наноразмерная оптическая микроскопия

#### 2.1. Конфокальная микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.

Излучение в дальнем поле и его детектирование, подсветка в дальнем поле и детектирование в ближнем поле, микроскопия на основе переноса энергии..

2.2. Зонды для микроскопии ближнего поля. Методы управления расстоянием между образцом и зондом.

Диэлектрические зонды, распространение излучения в различных зондах, методы изготовления зондов, оптические антенны..

### 3. Приложения нанооптики

#### 3.1. Принципы работы оптического пинцета (твизера). Световое давление.

Световое давление. Оптическая левитация. Принцип работы оптического пинцета..

#### 3.2. Поверхностные плазмоны в нанооптике

Поверхностные плазмоны-поляритоны на плоских границах раздела..

#### 3.3. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы

Понятие метаматериалов. Виды метаматериалов. Фотонная запрещенная зона. Дефекты в фотонных кристаллах..

## **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**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	
<b>Знать:</b>					
основные тенденции развития оптоэлектроники, необходимые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	ИД-3ПК-2	+			Перекрестный опрос/Устный опрос по теме «Введение. Объект изучения нанооптики»
основные термины и понятия нанооптики, используемые при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	ИД-3ПК-2		+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Терминология нанооптики»
<b>Уметь:</b>					
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые элементы при разработке проектов квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Защита реферата
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	ИД-3ПК-2	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Свойства электромагнитных волн и их распространение через неоднородные среды»

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

7 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Новотный, Л. Основы нанооптики : пер. с англ. / Л. Новотный, Б. Хехт ; Ред. В. В. Самарцев. – М. : Физматлит, 2011. – 484 с. – ISBN 978-5-9221-1095-2.;
2. Павлов, И. Н. Нанооптика : учебное пособие по курсу "Нанооптика" по профилю "Квантовая и оптическая электроника" / И. Н. Павлов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2017. – 40 с. – ISBN 978-5-7046-1809-6.  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8939>;
3. Климов В. В.- "Наноплазмоника", (2-е изд., испр.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2010 - (480 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2204](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2204).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
21. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
24. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
25. Журналы Журналы Royal Society of Chemistry - <https://pubs.rsc.org/>
26. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
27. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
28. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
29. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>
30. Журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
31. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
32. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
33. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
34. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
35. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
36. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

37. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
38. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
39. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru>;  
<http://docs.cntd.ru/>
40. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
41. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
42. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
43. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
44. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
45. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-103, Учебная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-103, Учебная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, экран, колонки
Помещения для самостоятельной работы	А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный
Помещения для консультирования	А-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта	стеллаж для хранения инвентаря, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Нанооптика

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Устный опрос по теме «Введение. Объект изучения нанооптики» (Перекрестный опрос)  
 КМ-2 Контрольная работа №1 «Свойства электромагнитных волн и их распространение через неоднородные среды» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа №2 «Терминология нанооптики» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Защита реферата (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Теоретическое введение					
1.1	Введение. Цели и объекты изучения.		+			
1.2	Основные оптические законы и подходы в наноразмерных масштабах			+		
1.3	Распространение и фокусировка оптических полей			+		
1.4	Пространственное разрешение оптической системы. Качество позиционирования			+		
2	Наноразмерная оптическая микроскопия					
2.1	Конфокальная микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия.				+	
2.2	Зонды для микроскопии ближнего поля. Методы управления расстоянием между образцом и зондом.				+	
3	Приложения нанооптики					
3.1	Принципы работы оптического пинцета (твизера). Световое давление.				+	
3.2	Поверхностные плазмоны в нанооптике					+
3.3	Фотонные кристаллы и другие метаматериалы					+
Вес КМ, %:			10	25	35	30