

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.11
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Перекрестный опрос Контрольная работа Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение. Цели и объекты изучения." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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><u>Подготовка домашнего задания:</u> зад. 5.1, 5.3. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Проработка и повторение пройденного материала, выполнение домашнего задания. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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>Подготовка к текущему контролю:</u> Проработка и повторение пройденного материала. <u>Изучение материалов литературных источников:</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	
	Всего за семестр	72.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	22	17.7	
	Итого за семестр	72.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	39.7		

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	
Знать:					
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»
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 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.

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
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