

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

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Компьютерная фотоника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	4 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	4 семестр - 8 часов;
Практические занятия	4 семестр - 8 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	4 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	4 семестр - 160,2 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	4 семестр - 1,5 часа;
включая:	
Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	4 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Паршин В.А.
	Идентификатор	R683b30a4-ParshinVA-d4b11303

В.А. Паршин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

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-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение взаимодействия оптического излучения с веществом, законов матричной оптики и устройства и общего принципа работы лазеров..

Задачи дисциплины

- Изучение основных принципов работы лазеров и характеристик лазерного излучения;
- Формирование представления о взаимодействии оптического излучения с веществом;
- Освоение основных приёмов расчета параметров лазерного излучения.

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
ОПК-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении	ИД-1 _{ОПК-3} Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	знать: - Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники; - Основные понятия квантовой и оптической электроники. уметь: - Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения.
ОПК-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении	ИД-2 _{ОПК-3} Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	знать: - Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения. уметь: - Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Компьютерная фотоника (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера	36.30	4	2	-	2	-	-	-	0.30	-	32	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, выполнению домашних заданий по учебному материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Работа ориентирована на изучение материала по разделу из лекций и источников рекомендованной литературы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 7-27, 51-52 [2], 7-23, 71-95, 138-144
1.1	Главные термины оптики и квантовой электроники	18.15		1	-	1	-	-	-	0.15	-	16	-	
1.2	Взаимодействие оптического излучения с веществом	18.15		1	-	1	-	-	-	0.15	-	16	-	
2	Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах	36.4		2	-	2	-	-	-	0.4	-	32	-	
2.1	Механизмы создания инверсии населённости	18.2		1	-	1	-	-	-	0.2	-	16	-	
2.2	Спектральные	18.2		1	-	1	-	-	-	0.2	-	16	-	

	характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах												
3	Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы	34.4	2	-	2	-	-	-	0.4	-	30	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, выполнению домашних заданий по учебному материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Работа ориентирована на изучение материала по разделу из лекций и источников рекомендованной литературы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 24-60, 73-83, 98-106 [2], 51-69, 135-138
3.1	Лазеры. Общий принцип работы	17.2	1	-	1	-	-	-	0.2	-	15	-	
3.2	Оптические резонаторы	17.2	1	-	1	-	-	-	0.2	-	15	-	
4	Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора	17.2	1.0	-	1.0	-	-	-	0.2	-	15	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, выполнению домашних заданий по учебному материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Работа ориентирована на изучение материала по разделу из лекций и источников рекомендованной литературы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 45-64
4.1	Собственные типы волн двухзеркального резонатора	16.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	15	-	
4.2	Гауссов пучок (ГП)	1.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	-	-	
5	Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц	17.7	1.0	-	1.0	-	-	-	0.2	-	15.5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, выполнению домашних заданий по учебному материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Работа
5.1	Принцип работы матричного метода	16.6	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	15.5	-	

5.2	Применение матричного метода для расчёта параметров гауссова пучка (ГП)	1.1		0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	-	-	ориентирована на изучение материала по разделу из лекций и источников рекомендованной литературы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 40-58, 130-134
	Экзамен	38.0		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	180.00		8.0	-	8.0	-	2	-	1.50	0.3	124.5	35.7	
	Итого за семестр	180.00		8.0	-	8.0	2		1.50		0.3	160.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера

1.1. Главные термины оптики и квантовой электроники

Фундаментальные термины физической и квантовой оптики, основные параметры и свойства ЭМ-излучения. Волна, распространяющаяся в вакууме; плоская и сферическая волна..

1.2. Взаимодействие оптического излучения с веществом

Квантовая теория света, строение атомов и молекул в квантовой механике, квантовые переходы между энергетическими уровнями, населённость уровней, распределение Больцмана, оптические (излучательные) переходы в атомах, скорость переходов между уровнями, коэффициенты Эйнштейна, поглощение и усиление излучения в двухуровневой системе, распространение излучения через изотропную среду (закон Бугера-Ламберта-Бера), усиление и поглощение излучения, эффективное сечение перехода..

2. Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах

2.1. Механизмы создания инверсии населённости

Термодинамическое равновесие системы частиц. Стабильность уровней, накачка среды, двухуровневая, трёхуровневая и четырёхуровневая система энергетических уровней, связь коэффициентов Эйнштейна для двухуровневой системы..

2.2. Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах

Спектральный анализ сигналов, уширение спектральной линии, лоренцев контур спектральной линии при естественном уширении, доплеровский контур в случае неоднородного уширения, степень однородности уширения, монохроматичность и когерентность, когерентные и некогерентные источники..

3. Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы

3.1. Лазеры. Общий принцип работы

Обобщённая и принципиальная схема лазера, принцип работы и назначение элементов лазера, полный показатель усиления при циклическом обходе двухзеркального резонатора, применение и классификация лазеров, способы накачки активной среды лазера, КПД лазера, главные особенности лазерного излучения..

3.2. Оптические резонаторы

Классификация открытых оптических резонаторов, способы вывода излучения из резонатора, параметры двухзеркального резонатора, устойчивость резонатора, добротность резонатора, g-диаграмма, условие возникновения, развития и срыва генерации, однородное насыщение усиления, примеры двухзеркальных резонаторов, метод конфокального резонатора..

4. Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора

4.1. Собственные типы волн двухзеркального резонатора

Продольные и поперечные моды, полиномы Эрмита-Гаусса, селекция мод..

4.2. Гауссов пучок (ГП)

Продольная и поперечная структура, параметр качества пучка, поляризация лазерного излучения, расчёт параметров ГП в двухзеркальном оптическом резонаторе, главные особенности лазерного излучения..

5. Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц

5.1. Принцип работы матричного метода

Правило знаков, матрицы оптических элементов..

5.2. Применение матричного метода для расчёта параметров гауссова пучка (ГП)

Комплексный параметр ГП, прохождение ГП через оптическую систему, коллимация ГП..

3.3. Темы практических занятий

1. Закон Бугера-Ламберта-Бера;
2. Формирование лазерного излучения в резонаторе. Гауссов пучок;
3. Спектральные свойства излучения;
4. Усиление и генерация оптического излучения в активной среде. Лазерные резонаторы;
5. Основные параметры электромагнитного излучения;
6. Преобразование лазерного излучения оптической системой. Метод лучевых матриц;
7. Распределение Больцмана. Взаимодействие излучения с веществом.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц"

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	4	5	
Знать:							
Основные понятия квантовой и оптической электроники	ИД-1 _{ОПК-3}	+					Тестирование/Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера
Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники	ИД-1 _{ОПК-3}		+				Тестирование/Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах
Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения	ИД-2 _{ОПК-3}			+			Тестирование/Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы
Уметь:							
Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения	ИД-1 _{ОПК-3}				+		Тестирование/Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора
Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой	ИД-2 _{ОПК-3}					+	Тестирование/Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах (Тестирование)
2. Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера (Тестирование)
3. Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц (Тестирование)
4. Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы (Тестирование)
5. Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

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

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Борейшо А. С., Ивакин С. В.- "Лазеры: устройство и действие", (4-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2023 - (304 с.)
<https://e.lanbook.com/book/330503>;
2. Киселев Г. Л.- "Квантовая и оптическая электроника", (6-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2023 - (316 с.)
<https://e.lanbook.com/book/353702>;
3. Джеррард, А. Введение в матричную оптику : пер. с англ. / А. Джеррард, Д. М. Берч. – М. : Мир, 1978. – 341 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовые и оптические системы

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера (Тестирование)
- КМ-2 Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах (Тестирование)
- КМ-3 Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы (Тестирование)
- КМ-4 Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора (Тестирование)
- КМ-5 Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	10	12	14
1	Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера						
1.1	Главные термины оптики и квантовой электроники		+				
1.2	Взаимодействие оптического излучения с веществом		+				
2	Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах						
2.1	Механизмы создания инверсии населённости			+			
2.2	Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах			+			
3	Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы						
3.1	Лазеры. Общий принцип работы				+		
3.2	Оптические резонаторы				+		
4	Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора						
4.1	Собственные типы волн двухзеркального резонатора					+	
4.2	Гауссов пучок (ГП)					+	

5	Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц					
5.1	Принцип работы матричного метода					+
5.2	Применение матричного метода для расчёта параметров гауссова пучка (ГП)					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20