

**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: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**


<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.12.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 93,5 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>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Лапицкий К.М.
	Идентификатор	R34188c97-LapitskyKM-ff585e2b

(подпись)


**К.М. Лапицкий**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель  
образовательной  
программы**

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)


**Н.М.**

**Скорнякова**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей  
кафедры**

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

**Н.М.**

**Скорнякова**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение методов расчёта характеристик электромагнитного излучения в рамках физической и геометрической оптики для решения задач лазерной и оптической измерительной электроники и наноэлектроники.

### Задачи дисциплины

- Изучение волновой теории электромагнитного излучения, а также законов его взаимодействия и распространения в оптически прозрачных диэлектрических средах;
- Приобретение навыков самостоятельного поиска информации, а также ее использования для наиболее рационального решения поставленной задачи;
- Приобретение навыков в работе с оптическими приборами и их использовании при построении многокомпонентных оптических схем;
- Приобретение информации о конкретных оптических приборах и условиях их использования;
- Формирование навыка проведения расчета оптических систем различными методами.

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-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники	знать: - Основные явления физической оптики, применяемые в системах лазерной и оптической измерительной электроники и наноэлектроники; - Основные явления геометрической оптики, применяемые в системах лазерной и оптической измерительной электроники и наноэлектроники.  уметь: - Применять простейшие математические модели при расчёте характеристик электромагнитных полей в системах лазерной и оптической измерительной электроники и наноэлектроники; - Выбирать элементы и компоненты для проектирования систем лазерной и оптической измерительной электроники и наноэлектроники в зависимости от области их применения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 4 зачетных единицы, 144 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	Физическая оптика	50	1	16	-	8	-	-	-	-	-	26	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Физическая оптика" и подготовка к контрольным мероприятиям.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Физическая оптика" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физическая оптика".</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 4-19, 38-50 [4], 18-38, 40-112, 114-134 [5], 4-18, 48-75, 102-108</p>
1.1	Описание оптического излучения и его взаимодействия с веществом	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Электромагнитные волны в линейной изотропной среде	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Когерентность электромагнитных волн	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.4	Интерференция электромагнитных волн.	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.5	Дифракция электромагнитных волн	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Прикладная оптика	58		16	-	8	-	-	-	-	-	34	-	
2.1	Понятия и определения прикладной оптики	13		4	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
2.2	Теория идеальной оптической системы	11	2	-	3	-	-	-	-	-	6	-		
2.3	Прохождение лучей через преломляющие и отражающие поверхности	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		

2.4	Ограничение световых пучков в оптических системах	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	"Прикладная оптика" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 11-17, 27-52, 92-108 [3], 4-27, 35-56
2.5	Основы габаритного расчета оптических систем	10		4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	16	2	-	-	0.5	93.5			

**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. Физическая оптика

#### 1.1. Описание оптического излучения и его взаимодействия с веществом

Уравнения Максвелла и материальные уравнения.. Простейшие математические модели излучения как результат решения уравнений Максвелла и волнового уравнения Гельмгольца. Классификация сред при решении уравнений Максвелла: изотропные и анизотропные, диэлектрические и проводящие, стационарные и нестационарные, линейные и нелинейные, магнитные и немагнитные, однородные и неоднородные..

#### 1.2. Электромагнитные волны в линейной изотропной среде

Комплексная диэлектрическая проницаемость. Уменьшение фазовой скорости света в среде. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Линейная оптическая восприимчивость и комплексный показатель преломления. Дисперсия в линейной изотропной среде. Оптические явления на границе раздела сред.

#### 1.3. Когерентность электромагнитных волн

Понятие когерентности. Функция когерентности. Коэффициент корреляции комплексной амплитуды.. Временная и пространственная когерентность..

#### 1.4. Интерференция электромагнитных волн.

Классические интерференционные схемы. Интерференция монохроматических волн.. Интерференция квазимонохроматического и немонахроматического света.. Многолучевая интерференция..

#### 1.5. Дифракция электромагнитных волн

Дифракционный интеграл Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Ближняя и дальняя зоны дифракции.. Дифракция Френеля. Приближение Френеля в теории дифракции. Интегралы Френеля и спираль Корню. Дифракция Френеля на одномерных и двумерных структурах.. Дифракция Фраунгофера на одномерных и двумерных структурах. Дифракция на периодических структурах. Физика дифракции света на решетке. Уравнение дифракционной решетки..

### 2. Прикладная оптика

#### 2.1. Понятия и определения прикладной оптики

Правила знаков для отрезков и углов. Основные понятия и определения геометрической оптики.

#### 2.2. Теория идеальной оптической системы

Основные положения теории идеальной оптической системы. Кардинальные элементы идеальной оптической системы, понятие фокусов, главных плоскостей системы. Построение изображений в идеальной оптической системе. Основные формулы для сопряженных точек: уравнение Ньютона, уравнение Гаусса, уравнение Лагранжа-Гельмгольца. Линейное, угловое и продольные увеличения идеальной оптической системы. Узловые точки. Прохождение луча через сложную оптическую систему.

#### 2.3. Прохождение лучей через преломляющие и отражающие поверхности

Уравнение действительного луча в меридиональной плоскости. Инвариант Аббе, уравнение Лагранжа-Гельмгольца для преломляющих поверхностей. Линейное, угловое и

продольное увеличения реальных оптических систем. Параксиальная область, параксиальные лучи. 1-й и 2-й вспомогательные параксиальные лучи как метод расчета оптических лучей. Формулы для расчета фокусных расстояний преломляющей поверхности. Расчет хода луча через сложную оптическую систему.

#### 2.4. Ограничение световых пучков в оптических системах

Диафрагмы и их назначение. Апертурная диафрагма, входной и выходной зрачки оптической системы. Главные лучи, полевая диафрагма, линейное и угловое поле системы. Виньетирование, виньетирующая диафрагма.

#### 2.5. Основы габаритного расчета оптических систем

Телескопические системы. Лупа. Микроскоп.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Волновое уравнение. Свойства электромагнитных волн.;
2. Взаимодействие излучения с веществом;
3. Интерференция двух когерентных волн и пучков. Интерференция многих волн.;
4. Дифракция излучения;
5. Построение изображений в идеальной оптической системе;
6. Определение кардинальных элементов идеальной оптической системы;
7. Расчет оптической системы с помощью 1-го и 2-го параксиальных лучей;
8. Определение положения апертурной диафрагмы, входного и выходного зрачков.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физическая оптика"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прикладная оптика"

### 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	
<b>Знать:</b>				
Основные явления геометрической оптики, применяемые в системах лазерной и оптической измерительной электроники и нанoeлектроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>		+	Контрольная работа/Теория идеальной оптической системы. Построение изображений
Основные явления физической оптики, применяемые в системах лазерной и оптической измерительной электроники и нанoeлектроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+		Тестирование/Основные термины оптики
<b>Уметь:</b>				
Выбирать элементы и компоненты для проектирования систем лазерной и оптической измерительной электроники и нанoeлектроники в зависимости от области их применения	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>		+	Контрольная работа/Ограничение световых пучков в оптических системах
Применять простейшие математические модели при расчёте характеристик электромагнитных полей в системах лазерной и оптической измерительной электроники и нанoeлектроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+		Контрольная работа/Волновые явления в оптике

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Волновые явления в оптике (Контрольная работа)
2. Ограничение световых пучков в оптических системах (Контрольная работа)
3. Основные термины оптики (Тестирование)
4. Теория идеальной оптической системы. Построение изображений (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Экзамен (Семестр №1)*

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 1 семестр.

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

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

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

1. Евтихиева, О. А. Информационная оптика. Сборник задач : учебное пособие для вузов по специальности 210103 "Квантовая и оптическая электроника" направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" / О. А. Евтихиева, К. М. Лапицкий, Б. С. Ринкевичюс, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 88 с. - ISBN 978-5-383-00474-6 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1655;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1655)

2. Заказнов, Н. П. Теория оптических систем : учебное пособие для вузов по направлению 200200 "Оптотехника" и оптическим специальностям / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. И. Кузичев . – 4-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2008 . – 448 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0822-1 .;

3. Евтихиева, О. А. Геометрическая оптика : учебное пособие по курсу "Геометрическая оптика" по направлению подготовки бакалавров "Электроника и нанозлектроника" / О. А. Евтихиева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-2395-3 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11643;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11643)

4. В. А. Варданын- "Физические основы оптики", Издательство: "Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики", Новосибирск, 2015 - (235 с.)

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=431527;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=431527)

5. Можаров Г. А.- "Основы физической оптики", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (196 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/201194>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. SmathStudio.

### 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)

## 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
	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный
	А-111/2, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютер персональный, принтер
Помещения для	А-201/1, Кабинет	стол, стул, шкаф для документов, шкаф

консультирования	сотрудников каф. Физики	для одежды, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта	

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Основы оптико-электронных систем**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Основные термины оптики (Тестирование)

КМ-2 Теория идеальной оптической системы. Построение изображений (Контрольная работа)

КМ-3 Волновые явления в оптике (Контрольная работа)

КМ-4 Ограничение световых пучков в оптических системах (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Физическая оптика					
1.1	Описание оптического излучения и его взаимодействия с веществом		+			
1.2	Электромагнитные волны в линейной изотропной среде		+			
1.3	Когерентность электромагнитных волн				+	
1.4	Интерференция электромагнитных волн.				+	
1.5	Дифракция электромагнитных волн				+	
2	Прикладная оптика					
2.1	Понятия и определения прикладной оптики			+		
2.2	Теория идеальной оптической системы			+		
2.3	Прохождение лучей через преломляющие и отражающие поверхности			+		
2.4	Ограничение световых пучков в оптических системах					+
2.5	Основы габаритного расчета оптических систем					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30