

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
РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)


К.М. Лапицкий

(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)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов построения рефрактометрических оптико-электронных комплексов и систем

Задачи дисциплины

- изучение оптических свойств сред и их влияние на распространение оптического излучения;
- изучение принципов теневых методов и их модификаций исследования неоднородных сред;
- изучение методики расчета и обработки рефрактограмм для визуализации неоднородной среды;
- изучение принципов проведения экспериментальных исследований по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на основе известных принципов построения рефрактометрических систем.

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 _{ПК-1} Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники	знать: - физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды.
ПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-2 _{ПК-1} Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности	уметь: - проводить экспериментальные исследования по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на основе известных принципов построения рефрактометрических систем с использованием некогерентных и когерентных источников; - разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскостойкой неоднородной среды; - разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации сферически-слоистой неоднородной среды.

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 нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основные законы геометрической и физической оптики
- уметь Моделировать и проводить обработку одномерных и двумерных сигналов

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	Рефракционные измерения в современной технике	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Рефракционные измерения в современной технике"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 8-26 [5], стр. 29-37 [7], стр. 8-26</p>		
1.1	Рефракционные измерения в современной технике	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-			
2	Оптические характеристики однородных и неоднородных сред	8		2	-	2	-	-	-	-	-	-	4		-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Оптические характеристики однородных и неоднородных сред и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптические характеристики однородных и неоднородных сред"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 46-60 [3], стр. 28-37 [6], стр. 766-793 [7], стр. 46-60</p>
2.1	Оптические характеристики однородных и неоднородных сред	8		2	-	2	-	-	-	-	-	-	4		-	
3	Структурированное лазерное излучение	24		4	4	4	4	-	-	-	-	-	12		-	

3.1	Структурированное лазерное излучение	24		4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Структурированное лазерное излучение" материалу. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Структурированное лазерное излучение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Структурированное лазерное излучение" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 27-45 [3], стр. 12-27 [5], стр. 24-28, 64-76 [7], стр. 27-45
4	Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах	46		14	-	6	-	-	-	-	-	26	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах" материалу.
4.1	Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах	46		14	-	6	-	-	-	-	-	26	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах"

													подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 41-50, 80-96 [3], стр. 38-63 [4], стр. 87-92 [7], стр. 41-50, 80-96
5	Принципы построения лазерных рефракционных систем	62	10	12	4	-	-	-	-	-	36	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Принципы построения лазерных рефракционных систем" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Принципы построения лазерных рефракционных систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы построения лазерных рефракционных систем" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 97-122 [2], стр. 30-38 [3], стр. 64-70
5.1	Принципы построения лазерных рефракционных систем	62	10	12	4	-	-	-	-	-	36	-	

														[5], стр. 48-53 [7], стр. 97-122
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5		
	Итого за семестр	180.0	32	16	16		2		-	0.5		113.5		

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. Рефракционные измерения в современной технике

1.1. Рефракционные измерения в современной технике

Роль и значение рефракционных измерений в современной науке, технике и технологии, в становлении современного прецизионного приборостроения. Принципы рефракционных методов диагностики неоднородных сред..

2. Оптические характеристики однородных и неоднородных сред

2.1. Оптические характеристики однородных и неоднородных сред

Оптические свойства среды. Показатель преломления. Физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды. Температурное поле в жидкости. Стратифицированные жидкости. Акустическое поле в жидкостях и газах.

3. Структурированное лазерное излучение

3.1. Структурированное лазерное излучение

Основные виды структурированного лазерного излучения (СЛИ). Гауссовы пучки. Формирование лазерной плоскости на основе оптических элементов. Формирование СЛИ на основе дифракционных оптических элементов.

4. Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах

4.1. Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах

Плоскостроистая среда. Траектории лучей в плоскостроистой неоднородности. Сферически-слоистая среда. Траектории лучей в сферической неоднородности. Моделирование рефракции СЛИ в оптической неоднородности. Рефрактограммы СЛИ в среде с градиентом температуры.

5. Принципы построения лазерных рефракционных систем

5.1. Принципы построения лазерных рефракционных систем

Лазерные рефрактографические системы. Структурные элементы системы. Требования к СЛИ. Требования к системам регистрации рефрактограмм. Методы регистрации с применением фото- и видеоаппаратуры. Методы цифровой обработки рефрактограмм.

3.3. Темы практических занятий

1. Моделирование рефрактограмм СЛИ в различных неоднородностях;
2. Формирование лазерной плоскости на основе оптических элементов. Одно-, двух- и трехлинзовая схемы;
3. Траектории лучей в плоскостроистой неоднородности;
4. Траектории лучей в сферической неоднородности;
5. Оптические свойства среды. Показатель преломления. Физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды. Температурное поле в жидкости. Акустическое поле в жидкостях и газах. Стратифицированные жидкости.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Формирование лазерной плоскости при помощи линзовых систем;
2. Определение размеров пузырьков газа лазерным интерференционным методом;

3. Изучение теневого фонового метода;
4. Исследование рефракции лазерного излучения в тепловом пограничном сферическом слое в жидкости.

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	4	5	
Знать:							
физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды	ИД-1ПК-1	+	+				Контрольная работа/Оптические свойства среды
Уметь:							
разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации сферически-слоистой неоднородной среды	ИД-2ПК-1			+	+		Контрольная работа/Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде
разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскостойкой неоднородной среды	ИД-2ПК-1			+	+		Контрольная работа/Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде
проводить экспериментальные исследования по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на основе известных принципов построения рефрактометрических систем с использованием некогерентных и когерентных источников	ИД-2ПК-1			+		+	Лабораторная работа/Принципы построения лазерных рефракционных систем

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Оптические свойства среды (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Контрольная работа)
2. Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы построения лазерных рефракционных систем (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

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

В диплом выставляется оценка за 2 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. Лазерная рефрактография / О. А. Евтихиева, И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс . – М. : Физматлит, 2008 . – 176 с. - ISBN 978-5-922110-44-0 .;
2. Ринкевичюс, Б. С. Лазерная интерферометрия. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Лазерная интерферометрия" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Б. С. Ринкевичюс, К. М. Лапицкий, В. Т. Нгуен, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 40 с. - ISBN 978-5-383-00274-2 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=417;
3. Евтихиева, О. А. Основы лазерной рефрактографии : учебное пособие по курсу "Лазерная диагностика неоднородных потоков" по направлению "Электроника и нанoeлектроника" / О. А. Евтихиева, И. Л. Расковская, Б. С. Ринкевичюс ; ред. Б. С. Ринкевичюс ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-1392-3 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5004;
4. Информационная оптика : Учебное пособие для вузов по направлениям "Оптотехника", "Информатика и вычислительная техника", "Электроника и микроэлектроника" / Ред. Н. Н. Евтихийев . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 612 с. - ISBN 5-7046-0584-2 .;

5. Ринкевичюс, Б. С. Лазерная диагностика потоков / Б. С. Ринкевичюс ; Ред. В. А. Фабрикант . – М. : Изд-во МЭИ, 1990 . – 288 с. - ISBN 5-7046-0003-4 .;
6. Физические величины. Справочник / ред. И. С. Григорьев, Е. З. Мейлихов . – М. : Энергоиздат, 1991 . – 1231 с.;
7. Евтихиева О. А., Расковская И. Л., Ринкевичюс Б. С.- "Лазерная рефрактография", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2008 - (176 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49091.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.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
	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для	А-202, Учебная	парта, стол преподавателя, стул, шкаф

проведения практических занятий, КР и КП	мультимедийная аудитория каф. Физики	для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
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 консультирования	А-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики	стол, стул, шкаф для документов, шкаф 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

Рефрактометрические измерительные системы

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Оптические свойства среды (Контрольная работа)
- КМ-2 Распространение излучения в плоскослоистой неоднородной среде (Контрольная работа)
- КМ-3 Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Контрольная работа)
- КМ-4 Принципы построения лазерных рефракционных систем (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Рефракционные измерения в современной технике					
1.1	Рефракционные измерения в современной технике		+			
2	Оптические характеристики однородных и неоднородных сред					
2.1	Оптические характеристики однородных и неоднородных сред		+			
3	Структурированное лазерное излучение					
3.1	Структурированное лазерное излучение			+	+	+
4	Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах					
4.1	Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах			+	+	
5	Принципы построения лазерных рефракционных систем					
5.1	Принципы построения лазерных рефракционных систем					+
Вес КМ, %:			20	25	25	30