

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
ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.01.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетное задание Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

К.М. Лапицкий

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 принципов построения интерферометрических оптико-электронных комплексов и систем

Задачи дисциплины

- изучение принципов формирования интерференционного поля;
- изучение принципов работы двухлучевых интерферометров;
- изучение принципов работы многолучевых интерферометров;
- изучение интерференционных методов измерений различных физических параметров сред.

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 проводить, сопровождать работы, организовывать обучение персонала по проектированию и конструированию лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов	ИД-2ПК-1 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов	знать: - принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра; - основные схемы интерференции двух волн; - методы анализа и обработки интерференционных сигналов. уметь: - моделировать интерференционные картины при различных приближениях.

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.

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 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	Принципы интерференционных измерений	8	1	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы интерференционных измерений" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], с. 226-258 [5], с. 29-37
1.1	Принципы интерференционных измерений	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Интерференция волн	20		4	-	4	-	-	-	-	-	-	12	
2.1	Интерференция волн	20		4	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Интерференция волн и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Интерференция волн" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Интерференция волн" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], с. 4-13 [6], с. 94-104
3	Основные типы лазерных интерферометров и	72		20	-	12	-	-	-	-	-	40	-	

	методы анализа их сигналов												"Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов"
3.1	Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов	72	20	-	12	-	-	-	-	-	40	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 33-60 [2], с. 258-282 [3], с. 66-100 [7], с. 71-91
4	Применение интерферометрии в высоких технологиях	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение лазерных интерферометров в высоких технологиях" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 62-75 [4], с. 14-29 [5], с. 54-63
4.1	Применение интерферометрии в высоких технологиях	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	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; КНР – 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. Принципы интерференционных измерений

1.1. Принципы интерференционных измерений

Роль и значение интерференционных измерений в современной науке, технике и технологии, в становлении современного прецизионного приборостроения. Принципы интерференционных методов измерения перемещений и изменения показателя преломления. Метрологические характеристики лазеров, используемых в интерферометрии.

2. Интерференция волн

2.1. Интерференция волн

Основные схемы интерференции плоских и сферических волн: Юнга, Майкельсона, ЛДА. Параметры интерференционных картин. Гауссова модель лазерного пучка. Расчет интерференционной картины от двух гауссовых пучков: схемы Юнга, Майкельсона, ЛДА. Особенности интерференции гауссовых пучков и сравнение с интерференционными картинками плоских и сферических волн. Интерференция волн с различной частотой. Интерференция волн с различной поляризацией. Интерференция многих волн с одинаковой амплитудой. Интерференция многих волн с убывающей амплитудой.

3. Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов

3.1. Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов

Гомодинный интерферометр по схеме Майкельсона и его модификации. Оптическая схема, расчёт и анализ выходной характеристики. Гомодинный интерферометр по схеме Маха-Цендера и его модификации. Оптическая схема, расчёт и анализ выходной характеристики. Модуляционные интерферометры. Лазерные виброметры. Гетеродинные интерферометры. Анализ сигналов лазерных интерферометров. Методы обработки интерференционных временных сигналов. Анализ погрешностей лазерных интерферометров. Методы пространственной интерферометрии. Многоканальные интерферометры. Интерферометр Фабри-Перо. Методы расшифровки интерферограмм при спектральном анализе. Интерференционные фильтры. Интерференционные зеркала. Просветляющие покрытия. Голографическая интерферометрия. Метод двойной экспозиции. Метод реального времени. Расшифровка голографических интерферограмм. Практические применения голографической интерферометрии. Спекл-интерферометрия. Образование спекл-структуры и ее характеристики. Интерференционная картина при суперпозиции спекл-структур. Практические применения спекл-интерферометрии.

4. Применение интерферометрии в высоких технологиях

4.1. Применение интерферометрии в высоких технологиях

Лазерные гравиметры. Методы измерения наноперемещений. Станки с программным управлением. Определение параметров и контроль качества оптических поверхностей.

3.3. Темы практических занятий

1. Интерференция плоских и сферических волн;
2. Методы измерения вибрации;
3. Методы измерения перемещений при помощи интерферометра Майкельсона;
4. Методы обработки интерференционных картин;
5. Интерференция гауссовых пучков.

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	4	
Знать:						
методы анализа и обработки интерференционных сигналов	ИД-2ПК-1			+	+	Расчетное задание/Методы обработки интерференционных сигналов
основные схемы интерференции двух волн	ИД-2ПК-1	+	+			Контрольная работа/Интерференция волн
принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра	ИД-2ПК-1			+		Расчетное задание/Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра
Уметь:						
моделировать интерференционные картины при различных приближениях	ИД-2ПК-1		+	+		Коллоквиум/Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов

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: Смешанная форма

1. Интерференция волн (Контрольная работа)
2. Методы обработки интерференционных сигналов (Расчетное задание)
3. Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Расчетное задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов (Коллоквиум)

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 экзаменационной 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. Нгуен, В. Т. Двухлучевые лазерные интерферометры : учебное пособие по курсу "Лазерная интерферометрия", по направлению "Электроника и наноэлектроника", по специальности "Квантовая и оптическая электроника" / В. Т. Нгуен, Б. С. Ринкевичюс, А. В. Толкачев ; Ред. Б. С. Ринкевичюс ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 80 с. - ISBN 978-5-383-00685-6 .;
2. 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 .;
3. Васильев, В. Н. Компьютерная обработка сигналов в приложении к интерферометрическим системам / В. Н. Васильев, И. П. Гуров . – СПб. : BHV, 1998 . – 240 с. - ISBN 5-8206-0001-0 : 32.00 .;
4. 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/elib/view.php?id=417>;
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. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения. В 2-х т. : пер. с англ. / Б. Салех, М. Тейх . – Долгопрудный : Интеллект, 2012 . Т.1 : : пер. с англ. / Б. Салех, М. Тейх . – 2012 . – 760 с. - ISBN 978-5-91559-038-9 .;
7. С. Д. Иванова- "Голография и спекл-интерферометрия", Издательство: "Директ-Медиа", Москва, Берлин, 2021 - (118 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598678>.

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. Python;
6. 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 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-201, 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, 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

Интерферометрические измерительные системы

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Интерференция волн (Контрольная работа)

КМ-2 Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Расчетное задание)

КМ-3 Методы обработки интерференционных сигналов (Расчетное задание)

КМ-4 Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов (Коллоквиум)

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	Принципы интерференционных измерений					
1.1	Принципы интерференционных измерений		+			
2	Интерференция волн					
2.1	Интерференция волн		+			+
3	Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов					
3.1	Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов			+	+	+
4	Применение интерферометрии в высоких технологиях					
4.1	Применение интерферометрии в высоких технологиях				+	
Вес КМ, %:			20	30	20	30