

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
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.12
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 79,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Семинар	
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	Шашкова И.А.
	Идентификатор	R5e4e14cd-ShashkovaIA-37c1f249

И.А. Шашкова

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 работы волоконных световодов как отдельных элементов, так и в составе интегральных оптических компонент..

Задачи дисциплины

- изучение теории оптического излучения, его основных свойств и законов распространения в световодах;
- получение навыка математического описания работы волоконно-оптических систем;
- получение навыка принятия решения и обоснования выбора типа световодных датчиков при дальнейшем проектировании информационных систем квантовой и оптической электроники.

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-1ПК-2 Знает отечественный и зарубежный опыт разработки квантово-оптических систем и их составных частей (приборы, схемы, устройства)	знать: - технические параметры элементов волоконно-оптических систем для их использования при конструировании; - терминологию в области волоконной и интегральной оптики; - поляризационные характеристики излучения в световодах. уметь: - самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи.

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.

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	Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики	15	7	4	-	1	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекционного материала</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 9-19</p>	
1.1	Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики	15		4	-	1	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Распространение света в волоконных световодах	87		22	12	11	-	-	-	-	-	-	42		-
2.1	Слабонаправляющие волоконные	27		6	4	3	-	-	-	-	-	-	14		-

	световоды												"Слабонаправляющие волоконные световоды"
2.2	Гауссов импульс в световоде. Волоконные линии связи	30	8	4	4	-	-	-	-	-	14	-	Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Слабонаправляющие волоконные световоды"
2.3	Возбуждение световодов	30	8	4	4	-	-	-	-	-	14	-	подготовка к выполнению заданий на практических занятиях Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Слабонаправляющие волоконные световоды" Изучение материалов литературных источников: [1], 19-48, 101-141 [2], 52-63, 67-70
3	Поляризационные характеристики излучения в световодах	24	6	4	4	-	-	-	-	-	10	-	Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Поляризационные характеристики излучения в световодах"
3.1	Поляризационные характеристики излучения в световодах	24	6	4	4	-	-	-	-	-	10	-	Подготовка к лабораторной работе: 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 "Поляризационные характеристики излучения в световодах" материалу. Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Поляризационные характеристики излучения в световодах" Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Поляризационные характеристики излучения в световодах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях Подготовка к аудиторным занятиям:

													Проработка лекционного материала <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 184-214 [2], 52-63
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	32	16	16	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0	32	16	16	-	-	-	-	0.3	79.7		

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. Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики

1.1. Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики

Плоский волновод. Характеристическое уравнение. Структура мод плоского волновода. Гибридные HE и EH моды. Частота отсечки мод. Цилиндрические волноводы. Меридиональные и косые лучи. Двухслойный световод. Волновые уравнения и их решения. HE₁₁ мода. Гибридные HE и EH моды низких порядков в цилиндрических волноводах. Гибридные HE₂₁ и EH₀₁ моды..

2. Распространение света в волоконных световодах

2.1. Слабонаправляющие волоконные световоды

Линейно-поляризованные LP- моды. Дисперсия эффективных показателей преломления линейно-поляризованных LP- мод в цилиндрических волноводах. Связь дисперсии с профилем показателя преломления. Дисперсия групповых задержек линейно-поляризованных LP- мод в цилиндрических волноводах. Материальная и модовая дисперсия. Связь дисперсии с профилем показателя преломления. Дисперсия групповых скоростей в цилиндрических волноводах. Материальная и волноводная дисперсия. Спектральные области положительной и отрицательной дисперсии групповых скоростей..

2.2. Гауссов импульс в световоде. Волоконные линии связи

Гауссов импульс в многомодовом световоде. Гауссов импульс в одномодовом световоде. Дисперсионная длина. Предельная скорость передачи информации. Возбуждение световодов пространственно когерентным и некогерентным излучением. Оптические системы для ввода излучения в волокно..

2.3. Возбуждение световодов

Возбуждение световодов пространственно когерентным и некогерентным излучением. Условия согласования..

3. Поляризационные характеристики излучения в световодах

3.1. Поляризационные характеристики излучения в световодах

Модель линейного двулучепреломления. Собственное и наведенное двулучепреломление. Световоды со слабым и сильным линейным и круговым двулучепреломлением. Световоды, сохраняющие состояние поляризации. Эффекты Фарадея и Керра..

3.3. Темы практических занятий

1. Оценка предельной частоты передачи информации для одномодового и многомодового световодов;
2. Расчет параметров для оптимального согласования источника и световода, оценка эффективности ввода излучения в световод;
3. Определение числовой апертуры и предельных углов ПВО многомодового волоконного световода;
4. Расчет параметров многомодового волоконного световода;
5. Потери в волоконном световоде;
6. Распространение света в волоконном световоде. Определение числовой апертуры и

- предельных углов ПВО одномодового волоконного световода;
7. Расчёт параметров одномодового волоконного световода;
 8. Расчёт параметров конструкции многомодового волоконного световода;
 9. Расчет ВОЛС;
 10. Согласование лазерного пучка с одномодовым световодом;
 11. Расчёт параметров конструкции одномодового волоконного световода;
 12. Исследование поляризационных свойств одномодовых волоконных световодов;
 13. Выбор и обоснование материалов и параметров конструкции волоконного световода;
 14. Расчет мощности излучения на фотоприёмнике, Расчет количества ретрансляторов для уверенного приёма сигнала.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование поляризационных свойств одномодовых волоконных световодов;
2. Согласование лазерного пучка с одномодовым световодом;
3. Исследование работы направленного волоконного ответвителя;
4. Согласование лазерного пучка с одномодовым световодом.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Слабонаправляющие волоконные световоды"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Поляризационные характеристики излучения в световодах"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Слабонаправляющие волоконные световоды"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Поляризационные характеристики излучения в световодах"

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:					
поляризационные характеристики излучения в световодах	ИД-1ПК-2			+	Семинар/Защита лабораторных работ Тестирование/Тест «Слабонаправляющие световоды»
терминологию в области волоконной и интегральной оптики	ИД-1ПК-2	+	+		Тестирование/Тест «Распространение света в цилиндрических волноводах»
технические параметры элементов волоконно-оптических систем для их использования при конструировании	ИД-1ПК-2		+		Семинар/Защита лабораторных работ Тестирование/Тест «Слабонаправляющие световоды»
Уметь:					
самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-1ПК-2		+		Контрольная работа/Контрольная работа №1

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: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Тест «Распространение света в цилиндрических волноводах» (Тестирование)
3. Тест «Слабонаправляющие световоды» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Семинар)

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 зачетной составляющей.

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. А. А. Барыбин- "Электродинамика волноведущих структур: теория возбуждения и связи волн", Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (511 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76669;>
2. Карасик, А. Я. Волоконная оптика : Лабораторный практикум. Учебное пособие по курсам "Волоконная и интегральная оптика", "Лазерная интерферометрия" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Я. Карасик, Б. С. Ринкевичюс, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 48 с. - ISBN 5-7046-0795-0 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Видеоконференции (Майнд, Сбёрджаз, 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	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 лабораторных занятий	Б-101/2, Учебная аудитория (демонстрационный кабинет)	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, колонки, стенд учебный
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	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**Волоконно-оптические линии связи**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Тест «Распространение света в цилиндрических волноводах» (Тестирование)

КМ-2 Тест «Слабонаправляющие световоды» (Тестирование)

КМ-3 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)

КМ-4 Защита лабораторных работ (Семинар)

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	Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики					
1.1	Исторический обзор. Основные этапы и направления развития волоконной и интегральной оптики		+			
2	Распространение света в волоконных световодах					
2.1	Слабонаправляющие волоконные световоды		+		+	
2.2	Гауссов импульс в световоде. Волоконные линии связи			+	+	+
2.3	Возбуждение световодов			+	+	+
3	Поляризационные характеристики излучения в световодах					
3.1	Поляризационные характеристики излучения в световодах			+		+
Вес КМ, %:			15	15	20	50