

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Физико-технический институт

Кафедра фундаментальной физики, электроники и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Директор физико-технического института
(подпись, расшифровка подписи) Д.Н. Калошин
« 29 » 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

на 2023/2024 учебный год

Учебной ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.31 «Интегральная и волоконная оптика»

Направление подготовки:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль подготовки

Оптические системы и сети связи

(наименование профиля(ей) подготовки)

квалификация выпускника

Бакалавр

Для набора

2021 года

Форма обучения:

Очная

Тирасполь 2023

Рабочая программа дисциплины «Интегральная и волоконная оптика» разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и основной профессиональной образовательной программы по профилю подготовки «Оптические системы и сети связи».

Составитель рабочей программы

к.ф.-м.н., доцент

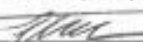


Ляхомская К.Д.

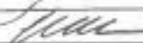
Рабочая программа утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи

« 31 » 08 2023 г. протокол № 1

Зав. кафедрой, отвечающей за реализацию дисциплины

« 31 » 08 2023 г.  Берил С.И.

Зав. выпускающей кафедрой

« 31 » 08 2023 г.  Берил С.И.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины являются: изучение базовых понятий теории интегральной и волоконной оптики, методов решения волновых уравнений, описывающих распространение излучения на плоской границе двух сред, а также в планарных и цилиндрических световодах и их массивах в зависимости от пространственного профиля показателя преломления; применение полученных решений для анализа законов дисперсии распространяющихся мод, пространственных профилей интенсивности; использование полученных решений при разработке современных волоконно-оптических систем связи; приобретение опыта работы с научной и учебной литературой по данному направлению; развитие четкого логического мышления.

Задачами курса являются:

- овладение навыками решения волновых уравнений, описывающих распространение света в различных средах и на их границах;
- выработка умения классифицировать решения волнового уравнения;
- выработка умения получения и построения фазовых портретов распространяющегося излучения;
- выработка умения получения и последующего решения системы дифференциальных уравнения, описывающие распространение излучения в различных массивах линейных световодов;
- формирование представлений о методах приближенного решения задач с помощью лучевого подхода;
- формирование у студентов основ естественнонаучной картины мира;
- ознакомление студентов с историей и логикой развития теории волоконной оптики и ее связи с другими науками.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами общего курса физики, математического анализа, теории функции комплексного переменного.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Данная дисциплина относится к дисциплине обязательной части блока Б1. Уровень изучения по трудоемкости дисциплины (180 академических часов) соответствует **базовому уровню** (БУ) ее освоения.

В процессе изучения курса интегральная и волоконная оптика студент должен усвоить основные методы решения волнового уравнения, описывающего распространение электромагнитного излучения в различных средах (изотропных и анизотропных, линейных и нелинейных), классификацию этих решений (мод), научиться строить и описывать фазовые портреты мод, а также применять общие методы решения нахождения поля для различных линейных систем световодов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций, приведенных в таблице ниже:

Категория компетенций	Код и наименование	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения		
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе	ИД УК-6.1: - основные приемы эффективного управления собственным временем; - основные методики самоконтроля,

	принципов образования в течение всей жизни	саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни. ИД ук-6.2: - эффективно планировать и контролировать собственное время; - использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения. ИД ук-6.3: - методами управления собственным временем; - технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений и навыков; - методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни.
Научное мышление	ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-1ОПК-1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации ИД-2ОПК-1 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ИД-3ОПК-1 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
Исследовательская деятельность	ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-1ОПК-2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи ИД-2ОПК-2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки ИД-3ОПК-2 Формулирует в

		рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение ИД-4_{ОПК-2} Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач ИД-5_{ОПК-2} Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации ИД-6_{ОПК-2} Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования ИД-7_{ОПК-2} Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Распределение трудоемкости в з.е./часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам:

Се местр	Количество часов						Форма итог. контроля
	Трудоем кость, з.е./часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
5	5/180	100	36	36	28	44	Экзамен
Итого:	5/180	100	36	36	28	44	Экзамен

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в интегральную и волоконную оптику. Основы электромагнетизма.	23	2	2	1	18

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
2	Поверхностные явления на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения (ПВО).	27	4	4	3	16
3	Линейные и нелинейные поверхностные волны.	18	6	0	2	10
4	Распространение излучения в изотропных однородных планарных световодах.	14	8	4	2	0
5	Распространение излучения в однородных планарных световодах при учете поглощения и анизотропии.	10	2	4	4	0
6	Многослойники.	12	4	4	4	0
7	Градиентные планарные световоды.	10	4	2	4	0
8	Распространение излучения в круглых световодах.	12	2	2	8	0
9	Направленные ответвители.	16	2	6	8	0
10	Возмущение диэлектрической проницаемости среды и взаимодействие мод. Теория связанных мод.	2	2	0	0	0
<i>Итого:</i>		144	36	36	28	44

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема лекции	Учебно-наглядные пособия
5 семестр				
Введение в интегральную и волоконную оптику. Основы электромагнетизма.				
1	1	1	Введение в интегральную и волоконную оптику. Волоконно–оптические системы связи и оптическая сверхвысокопроизводительная ЭВМ.	Презентация к курсу ИВО
2	1	1	Основы электромагнетизма. Система уравнений Максвелла.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		2		
Поверхностные явления на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения (ПВО).				
3	2	1	Преломление и отражение на границе раздела. ТЕ- и ТМ– поляризованные поверхностные волны у плоской границы раздела.	Презентация к курсу ИВО
4	2	2	Формулы Френеля. Амплитудные и энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Полное внутреннее отражение.	Презентация к курсу ИВО

			Критический угол падения и угол Брюстера. Фазовые сдвиги.	
5	2	1	Явление Гуса–Хэнхена. Зависимость сдвига Гуса–Хэнхена от типа поляризованной волны.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		4		
Линейные и нелинейные поверхностные волны.				
6	3	2	Отсутствие ТЕ-поляризованных волн у плоской границы двух линейных сред.	Презентация к курсу ИВО
7	3	2	Закон дисперсии ТМ-поляризованных волн. Оптически активные среды.	Презентация к курсу ИВО
8	3	2	Нелинейные ТЕ-поляризованные поверхностные волны. Фазовый портрет. Решения для пространственного профиля поля распространяющейся волны.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		6		
Распространение излучения в изотропных однородных планарных световодах.				
9	4	2	Введение в теорию световодов. Классификация световодов. Планарный металлический световод. Эффективная ширина световода.	Презентация к курсу ИВО
10	4	2	Планарные симметричные диэлектрические световоды. ТЕ-поляризованные моды. Структура мод. Структура полей и законы дисперсии для четных и нечетных мод. Частоты отсечки.	Презентация к курсу ИВО
11	4	2	ТМ-поляризованные моды. Структура мод. Структура полей и законы дисперсии для четных и нечетных мод. Частоты отсечки.	Презентация к курсу ИВО
12	4	1	Лучевая трактовка волноводного эффекта. Критические толщины световодов.	Презентация к курсу ИВО
13	4	1	Планарные несимметричные световоды. Потоки энергии. Групповая и фазовая скорость мод. Слабо направляющие световоды. Условия одномодового и многомодового режимов распространения волн.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		8		
Распространение излучения в однородных планарных световодах при учете поглощения и анизотропии.				
14	5	2	Законы дисперсии для волн, распространяющихся в анизотропных планарных однородных световодах.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		2		
Многослойники.				

15	6	2	Закон дисперсии для двухслойника и пятислойника.	Презентация к курсу ИВО
16	6	2	Периодический двухслойник (сверхрешетка). Структура полей. Вывод закона дисперсии. Зонный спектр.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		4		
Градиентные планарные световоды.				
17	7	2	Градиентные планарные световоды. Лучевой подход. Квадратичное приближение для показателя преломления. Уравнение траектории распространяющегося излучения.	Презентация к курсу ИВО
18	7	2	Эффекты фокусировки лучей в среде с параболическим распределением показателя преломления. Среда с экспоненциальным изменением показателя преломления. Симметричный экспоненциальный профиль. Более сложные модельные среды.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		4		
Распространение излучения в круглых световодах.				
19	8	1	Круглые полый и диэлектрический световоды. Типы мод. Законы дисперсии.	Презентация к курсу ИВО
20	8	1	Неоднородные круглые световоды. Параболическое приближение для показателя преломления.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		2		
Направленные ответвители.				
21	4	2	Теория направленных ответвителей. Простейший случай – система двух световодов.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		2		
Возмущение диэлектрической проницаемости среды и взаимодействие мод. Теория связанных мод.				
22	5	2	Возмущение диэлектрической проницаемости среды и взаимодействие мод. Теория связанных мод. Слабая и сильная связь мод.	Презентация к курсу ИВО
Итого по разделу часов		2		
ИТОГО		36		

Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема практического занятия	Учебно-наглядные пособия
Введение в интегральную и волоконную оптику. Основы электромагнетизма.				
1	1	2	Вывод волнового уравнения. Плотность потока энергии электромагнитной волны.	Сборники задач, метод. пособие.
Итого по разделу часов		2		
Поверхностные явления на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения (ПВО).				
2	2	2	Отражение и преломление на границе раздела двух сред. Полное внутреннее отражение. Явление Брюстера.	Сборники задач, метод. пособие
3	2	2	Явление Гуса–Хэнхена.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Распространение излучения в изотропных однородных планарных световодах.				
4	4	2	Металлический световод. Законы дисперсии. Количество мод.	Сборники задач, метод. пособие
5	4	2	Диэлектрические планарные световоды. Законы дисперсии. Числовая апертура, критическая частота, количество мод.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Распространение излучения в однородных планарных световодах при учете поглощения и анизотропии.				
6	5	1	Оптические функции волновода при учете поглощения.	Сборники задач, метод. пособие
7	5	3	Вывод волновых уравнений при различных ориентациях тензора диэлектрической восприимчивости.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Многослойники.				
8	6	4	Вывод законов дисперсии с помощью лучевой трактовки и системы уравнений Максвелла.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Градиентные планарные световоды.				
9	7	2	Фокусирующие среды. Вывод закона дисперсии. Нахождение точек фокусов.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		2		

Распространение излучения в круглых световодах.				
9	8	2	Решение волновых уравнений с помощью спецфункций.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		2		
Направленные ответвители.				
10	9	4	Нахождение нормированной интенсивности излучения, распространяющегося в произвольном световоде бесконечного массива. Случаи разных зависимостей константы распространения и разных коэффициентов связи между световодами массива.	Сборники задач, метод. пособие
11	9	2	Нахождение нормированной интенсивности излучения, распространяющегося в произвольном световоде бесконечных массивов световодов.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		6		
Итого за семестр		28		

Лабораторные занятия 5 семестр

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема лабораторного занятия	Учебно-наглядные пособия
Введение в интегральную и волоконную оптику. Основы электромагнетизма.				
1	1	1	Вводное занятие.	Сборники задач, метод. пособие.
Итого по разделу часов		1		
Поверхностные явления на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения (ПВО).				
2	2	3	Измерение показателя преломления волновода.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		3		
Линейные и нелинейные поверхностные волны.				
3	3	2	Изучение явления ПВО	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		2		
Распространение излучения в изотропных однородных планарных световодах.				
4	4	2	Изучение явления Брюстера	Сборники

				задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		2		
Распространение излучения в однородных планарных световодах при учете поглощения и анизотропии.				
5	5	4	Модовая структура световодов	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Многослойники.				
6	6	4	Изучение характеристик планарного световода.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Градиентные планарные световоды.				
7	7	4	Спектральная зависимость функции пропускания.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		4		
Распространение излучения в круглых световодах.				
8	8	8	Изучение характеристик круглого световода.	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		8		
Направленные ответвители.				
9	9	8	Изучение особенностей распространения света в массивах световодов	Сборники задач, метод. пособие
Итого по разделу часов		8		
Итого за семестр		36		

Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Тема и вид СРС	Трудоемкость (в часах)
Введение в интегральную и волоконную оптику. Основы электромагнетизма.			
Раздел 1	1.	Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Основные понятия: общий интеграл, особый интеграл. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. (ИДЛ)	2

	2.	Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) 1-го порядка. Метод изоклин. (ИДЛ)	2
	3.	Уравнения с разделяющимися переменными и сводящиеся к ним. (ИДЛ)	2
	4.	Однородные уравнения и уравнения, приводимые к однородным. Неоднородные линейные уравнения. (ИДЛ)	2
	5.	Уравнения Бернулли и Рикатти. (ИДЛ)	2
	6.	Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. (ИДЛ)	2
	7.	Особые решения ДУ. Особые точки. Типы простых особых точек. (ИДЛ)	2
	8.	Уравнение Клеро. Уравнение Лагранжа. Ортогональные и изогональные траектории. (ИДЛ)	4
Итого по разделу часов			18
Поверхностные явления на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения (ПВО).			
Раздел 2	1.	Линейные ОДУ с постоянными коэффициентами. Случай простых и кратных корней. (ИДЛ)	2
	2.	Неоднородные линейные уравнения 2-го порядка, НЛДУ с постоянными коэффициентами. (ИДЛ)	2
	3.	Линейные уравнения с постоянными коэффициентами с квазимногочленом в правой части. (ИДЛ)	2
	4.	Системы линейных ОДУ 1-го порядка с постоянными коэффициентами (случай простых и кратных корней характеристического уравнения). (СИТ)	4
	5.	Общие свойства систем линейных ОДУ 1-го порядка с переменными коэффициентами. Интегрирование неоднородных систем методом вариации постоянных. Определитель Вронского. (ИДЛ)	2
	6.	Анализ линейного ОДУ n-го порядка с переменными коэффициентами. (ИДЛ)	2
	7.	Неоднородные линейные уравнения высших порядков. Уравнение Эйлера. (СИТ)	2
Итого по разделу часов			16
Линейные и нелинейные поверхностные волны.			
Раздел 3	1.	Понятие теории устойчивости по Ляпунову. Поведение траектории ДУ в окрестности особой точки. (ИДЛ) Асимптотическая устойчивость.	5
	2.	Функция Ляпунова. Теоремы Ляпунова и Четаева. (СИТ)	5
Итого по разделу часов			10
Итого			44

Примечание: ДЗ – домашнее задание; СИТ – самостоятельное изучение темы, ИДЛ – изучение дополнительной литературы.

5. Курсовые проекты не предусмотрены

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Обеспеченность учащихся учебниками, учебными пособиями

№ п/ п	Наименование учебника, учебного пособия	Автор	Год издан ия	Кол- во экзе мпл яров	Элек трон ная верс ия	Место размещения электронной версии
Основная литература						
1	Введение в теорию оптических волноводов	М. Адамс	1984	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
2	Неоднородные оптические волноводы	М.С. Содха, А.К. Гхатак	1980	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
3	Теория оптических волноводов	А. Снайдер, Дж. Лав	1987	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
4	Элементы интегральной оптики	Г.С. Свечников	1987	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
5	Введение в оптическую электронику	А. Ярив	1983	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
6	Планарные и волоконные оптические волноводы	Х.Г. Унгер	1980	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
7	Физические основы волоконной оптики	А.Г. Глущенко, М.В. Голубкина	2009	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
8	Волоконно-оптические системы связи	Р. Фриман	2006	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
Дополнительная литература						
1	Оптическая связь	Под ред. И.И. Треулина	1984	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
2	Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС	Д.Л. Айбатов Л.Р. Айбатов	2013	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
3	Современные технологии цифровых оптоволоконных систем связи	Н.Н. Слепов	2000	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
4	Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики	Э.Л. Портнов	2002	3	+	Электронный читальный зал ПГУ
Итого по дисциплине: 100% печатных изданий; 100% электронных						

6.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. электронная библиотека
2. <http://www.edu.ru/> - Федеральный портал «Российское образование»;
3. <http://www.lib.mexmat.ru> - Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета;
4. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал Math-Net.Ru — это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России;
5. <http://www.benran.ru/> - Библиотека по естественным наукам Российской Академии Наук.
6. <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека,
7. <http://www.lib.msu.su> – научная библиотека Московского государственного университета
8. <http://www.lib.berkeley.edu/> - список библиотек мира в Сети
9. <http://ipl.sils.umich.edu> - публичная библиотека Интернет
10. <http://www.riis.ru> – Международная образовательная ассоциация. Задачи – содействие развитию образования в различных областях
11. fizmatlit.narod.ru/webrary/ - Интернет-библиотека Издательства Физико-математической литературы
12. <http://www.knigafund.ru> - Электронно-библиотечная система "КнигаФонд"

6.3. Методические указания и материалы по видам занятий:

7. Материальное обеспечение дисциплины

Специализированные аудитории, используемые при проведении лекционных занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы в проходящем и отраженном свете.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Приступая к изучению дисциплины «Интегральная и волоконная оптика», студент должен знать не только общую физику (разделы: электромагнетизм и оптика), но и разделы математического анализа.

Рекомендуется для лучшего усвоения понятий и определений дисциплины заводить физический словарь, изучать дополнительную литературу, делать своевременно домашние задания.

При самостоятельном изучении предлагаемых тем рекомендуется подготовить конспект темы (с последующей защитой).

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярно обращаться к списку рекомендованной (основной и дополнительной) литературы.

9. Технологическая карта дисциплины
 Курс III (третий) группа ФМ21ДР62ФТ (311) семестр 5
 Преподаватель – *доцент Ляхомская К.Д.*

Кафедра фундаментальной физики, электроники и систем связи

Се мestr	Количество часов						Форма итог. контроля
	Трудоем кость, з.е./часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
3	5/180	100	36	36	28	44	Экзамен
Итого:	5/180	100	36	36	28	44	Экзамен

Форма текущей аттестации	Расшифровка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Посещение лекционных занятий	<i>Рассчитывается согласно приложению 4</i>	0	10
Выполнение и защита лабораторных работ	За каждую лабораторную работу 2 балла	0	10
Модульный контроль №1		0	10
Модульный контроль №2		0	10
Модульный контроль №3		0	10
Контрольная работа		0	20
Итого количество баллов по текущей аттестации		45	70
Промежуточная аттестация	экзамен	10	30
Итого по дисциплине		55	100