

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Дальневосточный государственный университет путей сообщения"
(ДВГУПС)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой

(к911) Физика и теоретическая
механика



Пячин С.А., доктор
физ.-мат. наук

06.05.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Нелинейные эффекты в волоконной оптике**

для направления подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Составитель(и): д.ф.-м.н., Профессор, Иванов В.И.

Обсуждена на заседании кафедры: (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от 06.05.2021г. № 5

Обсуждена на заседании методической комиссии по родственным направлениям и специальностям: Протокол

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2022 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ ____ 2022 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., доктор физ.-мат. наук

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ ____ 2023 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., доктор физ.-мат. наук

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ ____ 2024 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., доктор физ.-мат. наук

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ ____ 2025 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., доктор физ.-мат. наук

Рабочая программа дисциплины **Нелинейные эффекты в волоконной оптике**
разработана в соответствии с ФГОС, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 935

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очная**

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	180	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены (семестр) 2
контактная работа	54	курсовые работы 2
самостоятельная работа	90	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам (курсам)

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	14 4/6			
Неделя				
Вид занятий	уп	ип	уп	ип
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Контроль самостоятельной работы	6	6	6	6
В том числе инт.	8	8	8	8
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	90	90	90	90
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Распространение волн в волоконных световодах. Дисперсия в оптических волокнах. Фазовая самомодуляция волн в оптическом волокне. Оптические солитоны. Применение оптических солитонов в оптических системах связи. Методы компрессии оптических импульсов в оптических волокнах. Вынужденное комбинационное рассеяние света в оптическом волокне. ВКР-усилители и ВКР-лазеры для оптических систем связи. Вынужденное рассеяние Мандельштам-Бриллюэна в оптическом волокне. ВРМБ-усилители и ВРМБ-лазеры для оптических систем связи. Параметрические процессы в оптических волокнах. Тепловые механизмы оптической нелинейности. Нелинейно-оптические эффекты в средах без центра симметрии. Генерация второй оптической гармоники в пространственно-периодических структурах. Фотоиндуцированная генерация второй гармоники в оптическом волокне. Четырехволновые процессы в оптических волокнах. Фоторефрактивное рассеяние света.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код дисциплины:	Б1.В.ДВ.01.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Дополнительные главы высшей математики
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Преддипломная практика

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла**

Знать:	Этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами.
Уметь:	Разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
Владеть:	Методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта

ПК-2: Способность владеть методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере

Знать:	Методики разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере
Уметь:	Владеть методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере
Владеть:	Способностью владеть методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере

ПК-4: Способность разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства

Знать:	Основы проектирования фотонного устройства на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства
Уметь:	Разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства
Владеть:	Способностью разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
-------------	---	----------------	-------	-------------	------------	------------	------------

	Раздел 1. Лекция						
1.1	Распространение волн в волоконных световодах /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.2	Дисперсия в оптических волокнах /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.3	Фазовая самомодуляция волн в оптическом волокне /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.4	Оптические солитоны /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
1.5	Применение оптических солитонов в оптических системах связи /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.6	Методы компрессии оптических импульсов в оптических волокнах /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.2 Э1 Э2	0	
1.7	Вынужденное комбинационное рассеяние света в оптическом волокне /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
1.8	ВКР-усилители и ВКР-лазеры для оптических систем связи /Лек/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
	Раздел 2. Практические работы						
2.1	Параметрические процессы в оптических волокнах /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
2.2	Нелинейно-оптические эффекты в средах без центра симметрии /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	2	дискуссии
2.3	Четырехволновые процессы в оптических волокнах. Фоторефрактивное рас-сеяние света /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	2	дискуссии
2.4	Генерация второй оптической гармоники в пространственно-периодических структурах. Фотоиндуцированная генерация второй гармоники в оптическом волокне /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	2	дискуссии
2.5	Тепловые механизмы оптической нелинейности /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	2	дискуссии
2.6	ВРМБ-усилители и ВРМБ-лазеры для оптических систем связи /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
2.7	Вынужденное рассеяние Манделъштам-Бриллюэна в оптическом волокне /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
2.8	Отчетное занятие. Защита курсовых работ /Пр/	2	2	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
	Раздел 3. Лабораторные работы						
3.1	ВРМБ-усилители и ВРМБ-лазеры /Лаб/	2	4	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
3.2	Параметрические процессы в оптических волокнах /Лаб/	2	4	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
3.3	Тепловые механизмы оптической нелинейности /Лаб/	2	4	УК-2 ПК-2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
3.4	Генерация второй оптической гармоники в пространственно-периодических структурах /Лаб/	2	4	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2	0	
	Раздел 4. Самостоятельная работа						
4.1	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам /Ср/	2	14	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	0	
4.2	Подготовка, оформление и защита курсовой работы, лабораторных работ /Ср/	2	20	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	

4.3	Освоение теоретического материала, /Ср/	2	32	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	
4.4	защита КР/Ср/	2	24	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	
Раздел 5. Контроль							
5.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	2	36	УК-2 ПК-2 ПК-4	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Размещены в приложении

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Савин Е.З.	Волоконно-оптические кабели и пассивные компоненты ВОЛП: учеб. пособие для вузов	Москва: УМЦ ЖДТ, 2012,

6.1.2. Перечень дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Ахманов С.А., Никитин С.Ю.	Физическая оптика: Учеб.для вузов	Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1998,
Л2.2	Манцызов Б. И.	Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов	Москва: Физматлит, 2009, http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68404
Л2.3	Делоне Н. Б.	Нелинейная оптика	Москва: Физматлит, 2003, http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68862

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	ЭБС. Университетская Библиотека Онлайн.	http://biblioclub.ru/
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

6.3.1 Перечень программного обеспечения

ABBYY FineReader 11 Corporate Edition - Программа для распознавания текста, договор СЛ-46
Антивирус Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition - Антивирусная защита, контракт 469 ДВГУПС
Антиплагиат - Система автоматической проверки текстов на наличие заимствований из общедоступных сетевых источников, контракт 12724018158180000974/830 ДВГУПС
Free Conference Call (свободная лицензия)
Zoom (свободная лицензия)

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

Профессиональная база данных, информационно-справочная система КонсультантПлюс - http://www.consultant.ru
Профессиональная база данных, информационно-справочная система Техэксперт/Кодекс - http://www.cntd.ru

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Аудитория	Назначение	Оснащение
1803	Учебная аудитория для проведения практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования (выполнения курсовой работы).	комплект мебели, экран, мультимедиапроектор переносной. Анализатор спектра СК 4-59, Базовый FTB 100-D2-N4, Скальваатель волокон СТ-30, Сварочный аппарат, Детектор активного волокна LFD -200, Монохроматор FOD-8101, Лаб.устан. "Исслед. ВАХ и ВtАХ СИДов", Осциллограф С1-65, Блок управ. МСО2. Лаб.раб. "Исследования характеристик ФД".
1807	Компьютерный класс для лабораторных	комплект учебной мебели: столы, экран, мультимедиапроектор

Аудитория	Назначение	Оснащение
	занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	переносной. ПЭВМ
3328	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели: столы, стулья, доска, тематические плакаты, проектор.
3317	Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Читальный зал НТБ	Тематические плакаты, столы, стулья, стеллажи Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС.
423	Помещения для самостоятельной работы обучающихся. зал электронной информации	Тематические плакаты, столы, стулья, стеллажи Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Содержание семинаров по дисциплине (могут включаться в практические занятия в качестве интерактивного элемента обучения)

1. Семинар по теме: «Проблемы и задачи нелинейной волоконной оптики»

Этапы развития оптических систем связи; история развития нелинейной оптики; прикладные и фундаментальные аспекты нелинейной оптики; нелинейная волоконная оптика во взаимосвязи научных направлений; сравнение объемных и волноводных сред применительно к эффективности нелинейно-оптических эффектов; учет негативного влияния оптической нелинейности в работе оптических систем связи; прикладное значение нелинейной волоконной оптики.

2. Семинар по теме: «Распространение оптических волн в анизотропных диспергирующих средах».

Дисперсия в объемных и волноводных средах; влияние дисперсии на форму и ширину импульса; естественная и искусственная оптическая анизотропия, коноскопические методы исследования структуры одноосных кристаллов; методы поляризационной интерферометрии, исследование фотоупругости стекол и пластиков, поляризационная дисперсия; исследование модового состава и поляризации световых волн в оптических волокнах при наличии механических напряжений; двулучепреломляющие волокна.

3. Семинар по теме: «Оптические временные и пространственные солитоны в оптически-нелинейных средах»

Понятие солитона; основные свойства солитонов; базовая модель, свойства и разновидности солитонов; способы экспериментального создания и изучения солитонов; применение временных и пространственных солитонов в современных оптических технологиях.

4. Семинар по теме: «Фотоиндуцированное рассеяние света в фоторефрактивных средах»

Фотоэлектрические явления в оптических кристаллах: фотовольтаический эффект, фоторефрактивный эффект, пироэффект, электрооптический эффект, эффект оптического выпрямления. Перенос фотогенерированного заряда в оптических кристаллах. Разновидности фотоиндуцированного рассеяние света, модели рассеяния, методики изучения фотоиндуцированного рассеяния света; учет влияния фотоиндуцированных процессов на работу волоконно-оптических линий связи.

5. Семинар по теме: «Нелинейно-оптические явления в пространственно-периодических структурах».

Методы формирования периодических структур в оптических волокнах; разновидности периодических структур в оптических волокнах; акустооптические эффекты; брэгговские решетки в волокнах; компрессия лазерных импульсов в оптических волокнах; генерация второй гармоники в оптическом волокне с записанной решеткой квадратичной нелинейности.

8.2. Методические рекомендации к практическим занятиям

Проведение практических занятий. В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, для этого при подготовке к практическим занятиям студентам необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой с учетом рекомендаций преподавателя и требований учебной программы.

Выполнение курсовой работы. При выполнении курсовой работы студенту необходимо изучить методические указания по выполнению курсовой работы. Изучить соответствующую литературу.

Защита курсовой работы. Отчёт о проделанной курсовой работе должен быть представлен к сдаче на 14-ой неделе и является необходимым условием для допуска к экзамену. Защита производится в виде индивидуального собеседования с каждым студентом по теоретической и практической частям выполненной работы. Ответы на поставленные вопросы студент дает в устной или письменной форме.

8.3. Самостоятельная работа студентов

8.3.1. Виды самостоятельной работы студентов и их состав

- изучение теоретического материала по учебной и учебно-методической литературе;
- отработка навыков решения задач по темам практических занятий;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к защите курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

8.3.2. Тема курсовой работы "

Нелинейные эффекты в оптических волокнах".

8.3.3. Задания курсовой работы

- Оценка влияния материальной и волноводной дисперсии на распространение оптического импульса в оптическом волокне
- Расчет характеристик вынужденного комбинационного рассеяния света в оптических волокнах
- Расчет характеристик вынужденного рассеяния Мандельштам-Бриллюэна в оптических волокнах. Более подробные вопросы и задания по КР находятся в приложении (в ОМ).

8.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Нелинейные эффекты в нелинейной оптике».

Перечень основной и дополнительной литературы приведен в разделе 8 соответствующей РПД.

Методические рекомендации для подготовки к защите КР.

Выполнение КР осуществляется в домашних условиях. Для защиты КР студент самостоятельно изучает вопросы соответствующего раздела теории, повторяет физические законы и явления, необходимые для решения конкретной задачи. Защита КР происходит на консультации, в установленное преподавателем время. Положительная отметка, полученная студентом при защите, выступает необходимой составляющей для допуска к экзамену по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, образовательные Интернет-ресурсы. Студенту рекомендуется также в начале учебного курса познакомиться со следующей учебно-методической документацией:

- программой дисциплины;
- перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами практических занятий;
- учебниками, пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами.

После этого у студента должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть в процессе освоения дисциплины.

Вопросы к экзамену:

1. Характеристики волоконных световодов
2. Оптические потери в волоконных световодах
3. Хроматическая дисперсия в оптических средах
4. Моды оптического волокна

Студенты с ограниченными возможностями здоровья, в отличие от остальных студентов, имеют свои специфические особенности восприятия, переработки материала. Обучающиеся инвалиды, могут обучаться по индивидуальному учебному плану в установленные сроки с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося.

Проведение учебного процесса может быть организовано с использованием ЭИОС университета и в цифровой среде (группы в социальных сетях, электронная почта, видеосвязь и др. платформы). Учебные занятия с применением ДОТ проходят в соответствии с утвержденным расписанием. Текущий контроль и промежуточная аттестация обучающихся проводится с применением ДОТ.