

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 04 » декабря 20 19 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Нелинейные эффекты в волоконной оптике** \_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ **очная** \_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ **магистратура** \_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ **144 (4)** \_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** \_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Материалы и технологии волоконной оптики** \_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: освоение дисциплинарных компетенций в области нелинейной волоконной оптики, методов моделирования, анализа и оценки оптических нелинейностей при конструировании и производстве волоконно-оптических систем; формирование представлений о научно-технических проблемах, стратегиях и инновациях в современной нелинейной волоконной оптике.

Задачи дисциплины:

- формирование системы объектов, законов, моделей и методов исследований в области нелинейной волоконной и лазерной оптики, теоретических основ применения оптических нелинейностей в конструировании и производстве волоконно-оптических систем;
- формирование умений и готовности к профессиональной эксплуатации современного технологического оборудования для производства и исследования свойств нелинейных систем волоконной оптики, приобретение навыков организации инновационного процесса при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон;
- подготовка к деятельности выпускников в области нелинейной волоконной оптики (разработка, совершенствование и внедрение новых технологических процессов, элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики на основе методов нелинейной оптики, организация экспериментальных исследований нелинейных систем волоконной оптики на основе применения современных лазерных технологий).

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- оптические элементы, устройства и системы, в которых на основе нелинейных процессов генерируются, усиливаются, модулируются, распространяются и детектируются сигналы в оптическом диапазоне;
- физико-математические модели нелинейностей в волоконной оптике;
- оптические устройства и технологии систем нелинейной волоконной оптики, обеспечивающие передачу, прием, обработку, хранение и отображение информации.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	<p>1. Освоение основных методов моделирования, анализа и оценки оптических нелинейностей в волоконной оптике.</p> <p>2. Знание особенностей преобразования частоты в нелинейно-оптических средах.</p> <p>3. Освоение основных методов оценки нелинейных оптических эффектов при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.</p> <p>4. Знание основных областей применения и перспектив развития нелинейной волоконной оптики.</p>	<p>Знает теоретические основы нелинейных процессов в волоконной оптике; особенности преобразования частоты в нелинейно-оптических кристаллах; основные области применения и перспективы развития нелинейной волоконной оптики</p>	Дифференцированный зачет
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	<p>1. Использование нелинейных оптических эффектов при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.</p> <p>2. Умение получить точное решение для генерации второй гармоники.</p> <p>3. Умение использовать нелинейные оптические эффекты в организации инновационного процесса при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон.</p> <p>4. Уметь моделировать процессы, связанные с нелинейными эффектами в волоконно-оптических системах передачи информации.</p>	<p>Умеет моделировать нелинейные эффекты, проводить их оценку в волоконно-оптических системах передачи информации</p>	Индивидуальное задание
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	<p>1. Освоение навыков применения методов нелинейной волоконной</p>	<p>Владеет навыками моделирования нелинейных эффектов,</p>	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>оптики при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон и других компонентов волоконной оптики.</p> <p>2. Владение навыками работы с оптическими схемами генерации второй гармоники, параметрической генерации света.</p> <p>3. Владение навыками моделирования нелинейных эффектов в системах фотоники и оптоинформатики.</p>	<p>проведения их оценки в волоконно-оптических системах передачи информации; навыками применения методов нелинейной волоконной оптики при конструировании и производстве специальных кварцевых волокон</p>	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	6
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен		
Дифференцированный зачет	9	9
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Модели и методы прикладной нелинейной оптики	2	0	6	14
Квадратично-нелинейные и кубично-нелинейные оптические среды. Нелинейно-оптическое преобразование частоты. Условие фазового (волнового) синхронизма и способы его реализации. Физические процессы трехволнового смешения. Постановка задачи для трехволнового взаимодействия. Метод медленно меняющихся амплитуд. Стационарные укороченные уравнения. Приближение заданного поля. Точное решение для генерации второй гармоники. Применение моделей и методов прикладной нелинейной оптики для описания генерации второй гармоники и параметрического усиления. Дифференциальные и интегральные соотношения Мэнли-Роу.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Моделирование и применение нелинейных эффектов в волоконно-оптических системах	10	0	20	62
<p>Физические принципы формирования коротких и сверхкоротких оптических импульсов. Теория синхронизации мод. Лазеры с активной и пассивной синхронизацией мод. Роль нелинейности и дисперсии волокна. Насыщаемые поглотители (лимитеры) на основе полупроводников и углеродных наноструктур. Нелинейные эффекты керровской линзы и вращения эллипса поляризации. Схемы фемтосекундных волоконных лазеров и их применение.</p> <p>Математическое описание и типичные формы оптических импульсов. Чирпированные импульсы. Прохождение гауссова импульса через фильтр с чирпом. Физические принципы и схемы формирования чирпированных импульсов. Оптическое волокно как фильтр с чирпом. Технические проблемы, связанные с усилением оптических импульсов. Использование дисперсионных свойств среды для усиления чирпированных импульсов.</p> <p>Классификация и физические основы работы волоконных брэгговских решеток. Основные допущения и математическая постановка задачи о распространении двух связанных мод. Теория связанных мод. Спектр отражения волоконной решетки. Метод аподизации решеток и способы его реализации. Длиннопериодные волоконные решетки и их применение. Современные нелинейные и неоднородные волоконные решетки и их применение.</p> <p>Оптика фазового сопряжения и использование методов нелинейной оптики для обработки световых (электромагнитных) полей в реальном масштабе времени. Физические основы обращения волнового фронта световой волны. Методы получения обращенной волны: на основе вынужденного рассеяния Манделъштама-Бриллюэна и на основе четырехволнового смешения. Компенсация фазовых искажений и восстановление изображений при передаче информации по волоконным световодам с помощью обращения волнового фронта.</p> <p>Восстановление формы и амплитуды оптических сигналов в волоконно-оптическом тракте с помощью оптоэлектронной регенерации и с помощью оптического усиления. Физические основы работы и классификация волоконных усилителей. Усилители на эрбиевом волокне.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Рамановские усилители. Параметрические усилители. Эффект насыщения коэффициента усиления. Современные научно-технические проблемы волоконных усилителей и пути их решения.				
Стратегии и инновации в нелинейной волоконной оптике	4	0	6	14
Основные этапы развития волоконно-оптических линий связи. Обобщенная характеристика нелинейных оптических явлений и современные тенденции развития волоконно-оптических технологий. Роль инноваций в развитии волоконной оптики. Понятие об инновационной политике и технологических платформах. Современные технологические платформы в области фотоники. Инновационные направления развития нелинейной волоконной оптики.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	32	90
ИТОГО по дисциплине	16	0	32	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет трехволновых параметрических взаимодействий
2	Виды нелинейно-оптического преобразования частоты
3	Схемы фемтосекундных волоконных лазеров
4	Насыщаемые поглотители на основе углеродных наноструктур
5	Применение дифференциальных уравнений для моделирования нелинейных оптических явлений
6	Способы сжатия chirпированных оптических импульсов
7	Физико-математические модели нелинейных и неоднородных волоконных решеток
8	Компенсация фазовых искажений и восстановление изображений с помощью обращения волнового фронта
9	Расчет волоконного усилителя
10	Выполнение индивидуальных заданий

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Беспрозванных В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Агравал Г. П. Применение нелинейной волоконной оптики : учебное пособие : пер с англ. / Г. П. Агравал. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2011.	2
2	Беспрозванных В. Г. Нелинейная оптика : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В.П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	10

<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Квантовая электроника : журнал. - Москва: , Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН, , 1971 - . 2016, т. 46, № 1.	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Крюков П. Г. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие / П. Г. Крюков. - Долгопрудный: Интеллект, 2012.	3

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Беспрозванных В. Г. Нелинейная оптика : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В.П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	<a href="http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70">http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Беспрозванных В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	<a href="http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70">http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	. Беспрозванных В.Г. Физические основы нелинейной оптики: учебное пособие. ? Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. ? 320 с.	<a href="http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70">http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «нелинейная оптика»	<a href="http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70">http://pstu.ru/title1/faculties/fpmm/of/?sources=1&amp;cid=70</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
ПО для обработки изображений	Adobe Photoshop CS3 Russian ( ПНИПУ 2008 г.)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Autodesk Inventor HSM Ultimate 2019 Education Multi-seat Stand-alone Single-user ( s/n 564-16427446
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Autodesk Inventor Professional 2019 Education Multi-seat Stand-alone Single-user ( s/n 564-05679252)

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Комплект мультимедийного оборудования, ауд. 253 Гл.	1
Практическое занятие	Комплект оборудования по фотонике, ауд. 252 Гл.	1

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------