

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

**Базовая кафедра фотоники и
лазерных технологий
(ФиЛТ_ИФО)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

**Базовая кафедра фотоники и
лазерных технологий
(ФиЛТ_ИФО)**

наименование кафедры

Втюрин А.Н.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.02 Основы нелинейной оптики

Направление подготовки /
специальность 03.03.02 Физика 03.03.02.01
Фундаментальная физика 2018г.

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика 03.03.02.01 Фундаментальная физика

2018г.

Программу
составили

канд. техн. наук, доцент, Н.Э. Лямкина

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Основы нелинейной оптики» представляет собой одну из дисциплин по выбору учебного плана подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика». Нелинейная оптика – это раздел физической оптики, в котором изучается распространение оптического излучения в твёрдых телах, жидкостях и газах и их взаимодействие с веществом в условиях, когда существенными становятся изменения оптических свойств среды под действием излучения. Изучение дисциплины базируется на материалах предшествующих естественно-научных дисциплин. В ней излагаются физические основы нелинейного взаимодействия интенсивного лазерного излучения с классическими и квантовыми системами, приводящего к существенному изменению свойств и параметров как объектов воздействия (среды), так и самого лазерного излучения.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов современных представлений об основах нелинейных оптических эффектов, генерации высших гармоник, суммарных и разностных частот, самофокусировки и самоканализации световых лучей, вынужденном рассеянии света и др.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются: 1) приобретение студентами знаний теоретических основ нелинейной оптики, в том числе о таких ее классических явлениях как самомодуляция и самофокусировка света, генерация гармоник излучения и вынужденное комбинационное рассеяние, а также их применений в устройствах управления оптическим излучением; 2) выработка у студентов навыков решения типичных задач классической нелинейной оптики и применения ее характерных методов.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-4: способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	
Уровень 1	Знает характеристики нелинейных сред и нелинейной поляризации среды, различия когерентных и некогерентных нелинейных процессов

Уровень 2	Знает процессы пространственного накопления нелинейных эффектов
Уровень 3	Знает эффекты нелинейного преобразования частоты, эффекты самовоздействия света в нелинейных средах.
Уровень 1	Классифицирует основные нелинейно-оптические эффекты
Уровень 2	Анализирует эффекты, обусловленные второй и третьей степенью нелинейности
Уровень 3	Применяет различные методы расчета параметров нелинейно-оптических сред
Уровень 1	Владеет терминологией принятой в нелинейной оптике
Уровень 2	Анализирует параметры нелинейных оптических сред
Уровень 3	Решает типичные задачи классической нелинейной оптики

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Общая физика
 Общий физический практикум
 Математика
 Методы математической физики
 Оптика

Квантовая электроника
 НИР
 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
 Преддипломная практика

1.5 Особенности реализации дисциплины
 Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		8
Общая трудоемкость дисциплины	3 (108)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	1,5 (54)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,5 (54)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1. Классификация нелинейно-оптических явлений	2	0	0	8	
2	Раздел 2. Теоретические основы линейной оптики	2	4	0	6	
3	Раздел 3. Нелинейная поляризация среды – причина появления нелинейных оптических эффектов.	3	8	0	8	
4	Раздел 4. Генерация гармоник. Пространственное накопление нелинейно-оптических эффектов	3	8	0	8	
5	Раздел 5. Эффекты самовоздействия света в нелинейной среде	2	6	0	8	

6	Раздел 6. Параметри- ческая гене- рация и уси- ление света в нелинейной среде	3	6	0	8	
7	Раздел 7. Вынужден-ное рассея-ние света	3	4	0	8	
Всего		18	36	0	54	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплин ы	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Тема 1.1 Основные нелинейно-оптические явления Частота и поляризация – основные характеристики света в долазерной оптике. Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений. Классификация нелинейных эффектов в оптике. Некогерентные нелинейные эффекты. Когерентные нелинейные эффекты Тема 1.2 Специфика нелинейных явлений в оптическом диапазоне Нелинейные процессы в радиотехнике и электронике. Нелинейные явления в электрооптике	2	0	0

2	2	<p>Тема 2.1. Поляризация среды. Линейная восприимчивость. Взаимодействие света со средой, материальное уравнение, линейная восприимчивость. Оптический электрон как гармонический и ангармонический осциллятор. Сильные и слабые световые поля</p> <p>Тема 2.2. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде</p>	2	0	0
3	3	<p>Тема 3.1 Материальные уравнения для нелинейных сред. Модель ангармонического осциллятора. Феноменологическое материальное уравнение для анизотропных и изотропных нелинейных сред. Механизмы оптической нелинейности</p> <p>Тема 3.2. Уравнения Максвелла в нелинейной среде</p>	3	0	0

4	4	<p>Тема 4.1 Генерация гармоник. Пространственное накопление нелинейно-оптических эффектов Нелинейные эффекты, обусловленные квадратичной восприимчивостью. Статическая поляризация. Оптическое детектирование. Генерация второй гармоники</p> <p>Тема 4.1 Пространственное накопление нелинейно-оптических эффектов, фазовый синхронизм. Фазовый синхронизм в анизотропных кристаллах. Виды синхронизма. Скалярный и векторный синхронизм. Генерация суммарной частоты при высокой эффективности преобразования. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования.</p>	3	0	0
---	---	--	---	---	---

5	5	<p>Тема 5.1 Самофокусировка света Тепловая линза. Изменение показателя преломления усиливающей, поглощающей сред внутри резонатора. Количественные характеристики процесса нелинейной рефракции Угол самофокусировки, длина самофокусировки. Критическая напряженность поля и критическая мощность излучения.</p> <p>Тема 5.2 Фазовая самомодуляция. Нелинейные эффекты при распространении в среде мощных импульсов света. Самосжатие и самоуширение световых импульсов, временные солитоны. Спектральное уширение под действием фазовой самомодуляции</p>	2	0	0
6	6	<p>Тема 6.1. 1 Генерация суммарных и разностных частот Тема 6.2. Параметрическое усиление света Параметрическое усиление и его применение. Параметрические генераторы света. Частотная перестройка параметрических генераторов. Параметрическая флуоресценция</p>	3	0	0

7	7	<p>Тема 7.1. Вынужденное рассеяние Ман-дельштама – Бриллюэна. Связь гиперзвуковых и световых волн. Обращение волнового фронта при ВРМБ. Адаптивная оптика и обращение волнового фронта</p> <p>Тема 7.2. Вынужденное комбинационное рассеяние Квантовая теория вынужденного комбинационного рассеяния. Описание процесса вынужденного комбинационного рассеяния на языке связанных волн. Связь стоксовой и антистоксовой компонент. Комбинационное рассеяние высших порядков</p>	3	0	0
Всего			18	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в acad. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	<p>Поляризация среды. Линейная восприимчивость. Взаимодействие света со средой, матери-альное уравнение, линейная восприимчивость. Оптический электрон как гармонический и ангармонический осциллятор.</p>	4	0	0

2	3	Материальные уравнения для нелинейных сред. Модель ангармонического осциллятора. Феноменологическое материальное уравнение для анизотропных и изотропных нелинейных сред. Уравнения Максвелла в нелинейной среде	8	0	0
3	4	Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм в анизотропных кристаллах. Виды фазового синхронизма. Генерация третьей гармоники в кристаллах	8	0	0
4	5	Самофокусировка света. Количественные характеристики процесса нелинейной рефракции. Угол самофокусировки, длина самофокусировки. Критическая напряженность поля и критическая мощность излучения. Фазовая самомодуляция. Самосжатие и самоуширение световых импульсов, временные солитоны	6	0	0
5	6	Генерация суммарных и разностных частот. Параметрическое усиление. Частотная перестройка параметрических генераторов.	6	0	0
6	7	Вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна. Связь гиперзвуковых и световых волн. Вынужденное комбинационное рассеяние	4	0	0
Итого			26	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Новотный Л., Хехт Б., Коновко А. А., Шутова О. А., Самарцев В. В.	Основы нанооптики	Москва: Физматлит, 2011
Л1.2	Стафеев С. К., Боярский К. К., Башнина Г. Л.	Основы оптики: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Физика" (510400), "Прикладные математика и физика" (511600), "Оптотехника" (551900), "Приборостроение" (551500) и другим физическим и техническим направлениям подготовки	Санкт-Петербург: Лань, 2013
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Ахманов С. А., Никитин С. Ю.	Физическая оптика: учебник для вузов по направлению и специальности "Физика"	Москва: МГУ, 2004
Л2.2	Слабко В. В., Закарлюка А. В., Лямкина Н. Э.	Нелинейная оптика: [конспект лекций]	Красноярск: Информационно-полиграфический комплекс [ИПК] СФУ, 2008
Л2.3	Дмитриев В. Г., Тарасов Л. В.	Прикладная нелинейная оптика: монография	Москва: Физматлит, 2004

Л2.4	Скалли М. О., Зубайри М. С., Самарцев В. В.	Квантовая оптика: пер. с англ.	Москва: Физматлит, 2003
Л2.5	Ахманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С.	Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах: монография	Москва: Физматлит, 2010

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru
Э2	Электронно-библиотечная система	http://www.znaniium.com

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа студентов регламентируется графиком учебного процесса и самостоятельной работы. По дисциплине «Квантовая электроника» учебным планом предусмотрено 54 часа на самостоятельную работу, из них 36 часов – на изучение разделов теоретического цикла, 18 часов – на решение задач.

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. При освоении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- работа с лекционным материалом;
- подготовка к практическим занятиям (решение задач).

Форма контроля самостоятельного изучения теоретического курса – коллоквиум, обсуждение вопросов теоретического курса при сдаче задач. Форма итогового контроля – зачет.

Задача (практическое задание) является одним из видов оценочных средств для систематической проверки знаний по дисциплине. Этот вид проверочных заданий позволяет получать первичную информацию о ходе и качестве усвоения учебного материала, а также стимулировать регулярную целенаправленную работу студентов. Комплект из восьми задач (по разным темам) преподаватель, ведущий практические занятия, формирует индивидуально для каждого студента. Сдача задач осуществляется в установленные преподавателем сроки во время практических занятий.

Коллоквиум является одним из средств текущего контроля усвоения учебного материала, организованного как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. На коллоквиуме обсуждаются отдельные разделы, темы изучаемого курса. Коллоквиум проводится в середине семестра или после изучения соответствующих разделов дисциплины в форме устного опроса с билетами. Билеты

содержат теоретические вопросы. На самостоятельную подготовку к коллоквиуму студенту отводится 2 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и конспекта лекций. Коллоквиум проводится во время учебных занятий.

Зачет является заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеет целью проверить теоретические знания обучающихся, их навыки и умения. Зачет проводится за счёт часов, отведенных на освоение учебной дисциплины. Форма проведения зачета - устный индивидуальный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	1. Операционная система MS Windows
9.1.2	2. Офисный пакет MS Office

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]: - http://elibrary.ru
9.2.2	2. Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: - http://www.znanium.com

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Кафедра располагает учебными аудиториями для проведения занятий лекционного типа и практических занятий. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (демонстрационное оборудование).

Помещение для самостоятельной работы магистрантов оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СФУ.