

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 / 03.03.02 Физика 03.03.02.01  
специальность 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

|   |  |
|---|--|
| <b>ПК-4: способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</b> |  |
| 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,<br>зачетных<br>единиц<br>(акад.час) | Семестр         |
|--|--|-----------------|
|  |  | 8               |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>       | <b>3 (108)</b>                             | <b>3 (108)</b>  |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b> | <b>1,5 (54)</b>                            | <b>1,5 (54)</b> |
| 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                     |  |                 |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся:</b> | <b>1,5 (54)</b>                            | <b>1,5 (54)</b> |
| изучение теоретического курса (ТО)         |  |                 |
| расчетно-графические задания, задачи (РГЗ) |  |                 |
| реферат, эссе (Р)                          |  |                 |
| курсовое проектирование (КП)               | Нет  | Нет             |
| курсовая работа (КР)                       | Нет  | Нет             |
| <b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>    |  |                 |

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

### 3.2 Занятия лекционного типа

| №<br>п/п | № раздела<br>дисциплин<br>ы | Наименование занятий   | Объем в акад. часах |  |  |
|----------|-----------------------------|--|---------------------|--|--|
|          |                             |  | Всего               | в том числе, в<br>инновационной<br>форме | в том числе, в<br>электронной<br>форме |
| 1        | 1                           | Тема 1.1 Основные<br>нелинейно-оптические<br>явления<br>Частота и поляризация<br>– основные<br>характеристики света в<br>долазерной оптике.<br>Интенсивность света и<br>ее влияние на характер<br>оптических явлений.<br>Классификация<br>нелинейных эффектов в<br>оптике. Некогерентные<br>нелинейные эффекты.<br>Когерентные<br>нелинейные эффекты<br>Тема 1.2 Специфика<br>нелинейных явлений в<br>оптическом диапазоне<br>Нелинейные процессы в<br>радиотехнике и<br>электронике.<br>Нелинейные явления в<br>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.<br/> Пространственное накопление нелинейно-оптических эффектов<br/> Нелинейные эффекты, обусловленные квадратичной восприимчивостью.<br/> Статическая поляризация.<br/> Оптическое детектирование. Генерация второй гармоники</p> <p>Тема 4.1<br/> Пространственное накопление нелинейно-оптических эффектов, фазовый синхронизм.<br/> Фазовый синхронизм в анизотропных кристаллах. Виды синхронизма.<br/> Скалярный и векторный синхронизм. Генерация суммарной частоты при высокой эффективности преобразования.<br/> Факторы, ограничивающие эффективность преобразования.</p> | 3 | 0 | 0 |
|---|---|--|---|---|---|

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

|       |   |   |    |   |   |
|-------|---|---|----|---|---|
| 7     | 7 | <p>Тема 7.1. Вынужденное рассеяние Ман-дельштама – Бриллюэна.<br/>Связь гиперзвуковых и световых волн.<br/>Обращение волнового фронта при ВРМБ.<br/>Адаптивная оптика и обращение волнового фронта</p> <p>Тема 7.2. Вынужденное комбинационное рассеяние<br/>Квантовая теория вынужденного комбинационного рассеяния. Описание процесса вынужденного комбинационного рассеяния на языке связанных волн. Связь стоксовой и антистоксовой компонент.<br/>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.<br/>Линейная восприимчивость.<br/>Взаимодействие света со средой, матери-альное уравнение, линейная восприимчивость.<br/>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.,<br>Зубайри М. С.,<br>Самарцев В. В. | Квантовая оптика: пер. с англ.   | Москва:<br>Физматлит, 2003 |
| Л2.5 | Ахманов С. А.,<br>Дьяков Ю. Е.,<br>Чиркин А. С.   | Статистическая радиофизика и оптика.<br>Случайные колебания и волны в<br>линейных системах: монография | Москва:<br>Физматлит, 2010 |

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

|    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| Э1 | Научная электронная библиотека  | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>           |
| Э2 | Электронно-библиотечная система | <a href="http://www.znaniium.com">http://www.znaniium.com</a> |

### **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]: - <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>          |
| 9.2.2 | 2. Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: - <a href="http://www.znanium.com">http://www.znanium.com</a> |

## **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.