



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»<sup>1</sup>  
Руководитель ОП

Кульчин Ю.Н.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
« 20 » января 2021г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий Базовой кафедрой  
«Фотоника и цифровые лазерные технологии»  
(название кафедры)

Кульчин Ю.Н.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 20 » января 2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Нелинейная оптика

**Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение**

магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные сети»<sup>2</sup>

**Форма подготовки очная**

курс  2  семестр  3   
лекции  18  час.  
практические занятия  36  час.  
лабораторные работы  0  час.  
в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ /пр. 18 /лаб. \_\_\_\_\_ час.  
всего часов аудиторной нагрузки  54  час.  
в том числе с использованием МАО  18  час.  
самостоятельная работа  18  час.  
в том числе на подготовку к экзамену  18  час.  
контрольные работы (количество)  
курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр  
зачет  3  семестр  
экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 22 сентября 2017 г № 957 / образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Рабочая программа обсуждена на заседании Базовой кафедры Фотоники и цифровых лазерных технологий ПИ ДВФУ протокол №  5  от «  20  » января  2021  г.

Заведующий кафедрой академик РАН Кульчин Ю.Н.  
Составитель (ли): чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Ромашко Р.В.

<sup>1</sup> кроме РПД общеуниверситетских дисциплин

<sup>2</sup> На титульном листе РПД общеуниверситетских дисциплин названия направлений и профилей не указываются, перечисляются только шифры направлений, на которых данная дисциплина реализуется. Если дисциплина реализуется для всех направлений подготовки, на титульном листе указывается «Для всех направлений подготовки бакалавриата/ специалитета/ магистратуры», шифры в этом случае не указываются.

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н. Кульчин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н. Кульчин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Нелинейная оптика»**

Дисциплина разработана для студентов магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение», магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные сети», в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++, входит в Блок 1 Дисциплины (модули) учебного плана, в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, и является обязательной дисциплиной (Б1.В.03).

Для освоения дисциплины студенты должны знать общую физику, теоретическую физику, волновую оптику, физическую и прикладную оптику, а также высшую математику.

В дисциплине «Нелинейная оптика» изучаются оптические эффекты, возникающие при прохождении сильного оптического излучения в среде.

**Цель** курса: дать представление о фундаментальных физических процессах, возникающих при прохождении сильного оптического излучения в среде.

**Задачи** дисциплины:

- получение базовых представлений о физике нелинейных эффектов;
- получение знаний об основных классификациях нелинейных эффектов;
- получение знаний об основных физических процессах, явлениях и закономерностях, связанных с распространением сильного оптического излучения в среде;

Для успешного изучения дисциплины «Нелинейная оптика» у обучающихся должны быть сформированы следующие знания, умения и владения:

- владение навыками работы с различными источниками информации: книгами, учебниками, справочниками, Интернет;
- знание базовых курсов физики и физической оптики, электродинамики и математики;
- способность представлять адекватную научную картину мира на основе знания основных положений и законов естественных наук;

- понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

| Задача профессиональной деятельности  | Объекты или область знания   | Код и наименование профессиональной компетенции  | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции   | Основание (ПС, анализ иных требований, предъявляемых к выпускникам)   |
|---|--|--|---|---|
| <b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>  |  |  |   |   |
| Научные исследования в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий<br>Научные исследования в области приборостроения, конструкционных материалов и технологий | физические явления преобразования энергии и информации, волновые поля (геометрический и интерференционный подход), дифракционные, поляризационные и другие, включая корпускулярные, эффекты; электронно-механические, магнитные, электромагнитные, оптические, теплофизические, акустические, акустооптические, радиационные и другие методы контроля и измерений; | ПК-3 - способность провести экспериментальные исследования, измерения по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов | ПК-3.1. – знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.<br><br>ПК-3.2. - умеет грамотно проводить измерения различных параметров лазерного излучения. | 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов<br>Анализ опыта |

| Код индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) |  |
|---------------------------------------|--|--|
| ПК-3.1                                | знает  | основные физические процессы, используемые для изучения нелинейных оптических эффектов, а также об особенностях применения различных методов управления излучением в лазерной технике. |

|               |         |   |
|---------------|---------|---|
|               | умеет   | использовать приобретенные знания при анализе поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики                        |
|               | владеет | методами анализа поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики   |
| <b>ПК-3.2</b> | знает   | основные характеристики нелинейных оптических эффектов, наблюдаемых в нелинейных оптических средах                                |
|               | умеет   | проводить измерения и исследования различных нелинейных эффектов, возникающих в нелинейных оптических средах по заданной методике |
|               | владеет | методами измерения и исследования различных нелинейных эффектов   |

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося                           |
|-------------|--|
| Лек         | Лекции   |
| ПЗ          | Практические занятия   |
| СР          | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения |

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 72 часа (2 зачётные единицы) для Блока 1. Учебным планом предусмотрено следующее количество часов: лекционные занятия (18 часов), практические занятия (36 часов) и самостоятельная работа студента (18 часов и в том числе 27 часов для подготовки к экзамену). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 1 семестре. Форма аттестации – зачёт.

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

| № | Наименование раздела дисциплины | Семестр | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося |     |    |    |    |          | Формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости |
|---|---------------------------------|---------|---|-----|----|----|----|----------|--|
|   |                                 |         | Лек   | Лаб | Пр | ОК | СР | Контроль |  |
| 1 | Нелинейная оптика               | 1       | 18  | 0   | 36 | 0  | 18 | 0        | зачет  |
|   | Итого:                          |         | 18  | 0   | 36 | 0  | 18 | 0        | 72   |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Нелинейная оптика» применяются следующие методы активного обучения: проблемное обучение, консультирование и рейтинговый метод.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Линейные и нелинейные явления в оптике. (2/\_ час.)**

#### **Тема 1. Линейные и нелинейные явления в оптике. (2/\_ час.)**

Уравнения Максвелла и нелинейная поляризация вещества. Классификация нелинейных явлений, характерные интенсивности света. Уравнение связанных волн.

### **Раздел II. Генерация второй гармоники и другие эффекты второго порядка. (2/\_ час.)**

#### **Тема 2. Генерация второй гармоники (1/\_ час.).**

Генерация второй гармоники. Условия фазового синхронизма: угловой и частотный синхронизм. Перекачка энергии в гармонику и обратно.

#### **Тема 3. Другие нелинейные эффекты второго порядка (1/\_ час.).**

Генерация суммарных и разностных частот. Оптическое выпрямление.

### **Раздел III. Параметрическая генерация и усиление света. (2/\_ час.)**

#### **Тема 4. Параметрическая генерация света (1/\_ час.).**

Параметрическая генерация света. Вырожденный и невырожденный режимы.

#### **Тема 5. Корреляция параметрических волн (1/\_ час.).**

### **Раздел IV. Самофокусировка - нелинейный эффект третьего порядка. (2/\_ час.).**

#### **Тема 6. Самофокусировка (1/\_ час.).**

Механизмы самофокусировки. Волноводный и многофокусный режимы самофокусировки.

**Тема 7. Самомодуляция световых импульсов (1/\_ час.).**

**Раздел V. Спонтанное и вынужденное рассеяние света (2/\_ час.).**

**Тема 8. Спонтанное рассеяние света (1/\_ час.).**

Комбинационное, релеевское, рассеяние Мандельштама-Бриллюена.

**Тема 9. Вынужденное рассеяние (1/\_ час.).**

Вынужденное рассеяние; связь стоксовой и антистоксовой волн. Обращение волнового фронта при рассеянии.

**Раздел VI. Четырехволновое смешение (2/\_ час.).**

**Тема 9. Четырехволновое смешение (1/\_ час.).**

**Тема 10. Обращение волнового фронта (1/\_ час.).**

Понятие об эффекте обращения волнового фронта. Применение обращения волнового фронта.

**Раздел VII. Нелинейные явления высших порядков. (2/\_ час.)**

**Тема 11. Генерация высших гармоник. (1/\_ час.)**

**Тема 13. Многофотонное поглощение и ионизация (1/\_ час.).**

**Раздел VIII. Двухуровневый атом в сильном поле (1/\_ час.)**

**Тема 14. Двухуровневый атом в сильном поле. (1/\_ час.)**

Осцилляции Раби. Самоиндуцированная прозрачность. Генерация эхо.

**Раздел IX. Нелинейные эффекты в волоконных световодах (1/\_ час.).**

**Тема 15. Нелинейные эффекты в волоконных световодах (1\_ час.).**

**Раздел X. Другие нелинейно-оптические явления (2/\_ час.).**

**Тема 16. Нелинейные явления на поверхности сред (1/\_ час.).**

**Тема 17. Нелинейные эффекты в плазме (1/\_ час.).**

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36/ \_\_ час.)**

**Занятие 1.** Генерация второй гармоники и другие эффекты второго порядка  
(8/ \_\_ час.)

**Занятие 2.** Самофокусировка - нелинейный эффект третьего порядка  
(10/ \_\_ час.)

**Занятие 3.** Четырехволновое смешение (8/ \_\_ час.)

**Занятие 4.** Нелинейные эффекты в волоконных световодах (10/ \_\_ час.)



### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Нелинейная оптика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.

### **Нормативно-правовые материалы<sup>3</sup>**

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с. <http://window.edu.ru/resource/746/58746>
2. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с. <http://window.edu.ru/resource/734/72734>
3. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с. <http://window.edu.ru/resource/726/58726>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Программное обеспечение: не требуется

---

<sup>3</sup> Данный раздел включается при необходимости



## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и практических занятий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания и изучении прослушанного материала. Для того чтобы осветить современное состояние квантовой электроники в программе предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме и посещение лабораторий ИАПУ ДВО РАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций ДВФУ и ИАПУ ДВО РАН, а также в других университетах и институтах.

### **Рекомендованная литература для подготовки к лекциям и самостоятельной работы студентов по разделам**

#### **Раздел I Линейные и нелинейные явления в оптике**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
- 3.Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел II Генерация второй гармоники и другие эффекты второго порядка**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

### **Раздел III Параметрическая генерация и усиление света**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

### **Раздел IV. Самофокусировка - нелинейный эффект третьего порядка**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел V. Спонтанное и вынужденное рассеяние света**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел VI. Четырехволновое смещение**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел VII. Нелинейные явления высших порядков**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел VIII. Двухуровневый атом в сильном поле**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел IX. Нелинейные эффекты в волоконных световодах**

1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

#### **Раздел X. Другие нелинейно-оптические явления**



1. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М.: Физматлит, 2003. - 256 с.
2. Прикладная нелинейная оптика /В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. - М: Физматлит, 2004. - 512 с.
3. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. – М.: Физматлит, 2003. – 64 с.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 95 с.
5. Храмов В.Ю., Назаров В.В., Пушкарева А.Е., Сачков Д.Ю., Сидорова О.П. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 111 с.
6. Проблемы когерентной и нелинейной оптики: Сборник статей / Под ред. С.А. Козлова, И.П. Гурова, - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 140 с.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети кафедры и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры дисплейного класса (в стандартной комплектации).



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
по дисциплине «Нелинейная оптика»  
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение  
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные се-  
ти»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2021**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Дата/сроки выполнения | Вид самостоятельной работы | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля |
|-------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 1     | 10.02-05.03           | Задание 1                  | 4                                     | ПР-1, ПР-7     |
| 2     | 06.03-20.03           | Задание 2                  | 4                                     | ПР-1, ПР-7     |
| 3     | 21.03-05.04           | Задание 3                  | 4                                     | ПР-1, ПР-7     |
| 4     | 06.04-20.04           | Задание 4                  | 4                                     | ПР-1, ПР-7     |
| 5     | 21.04-15.05           | Задание 5                  | 2                                     | ПР-1, ПР-7     |
|       |                       | <b>Всего</b>               | 18                                    |                |

ПР-1 – тест, ПР-7 – конспект (см. Положение о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ №12-13-850 от 12.05.2015)

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов состоит в подготовке к практическим занятиям, поиске, обработке и систематизации научно-технической информации по теме задания, работе над рекомендованной литературой и лекционными материалами по выполненным конспектам, выполнении дополнительных заданий преподавателя, написании докладов, подготовке презентаций по теме практического занятия.

## Методические указания к самостоятельной работе студентов

| № задания | Тема задания  | Содержание задания  |
|-----------|---|---|
| Задание 1 | Классификация нелинейных эффектов в оптике.                                   | Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме классификации нелинейных эффектов. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.                  |
| Задание 2 | Физическая аналогия между фазовым синхронизмом и пространственным резонансом. | Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме фазового синхронизма и пространственного резонанса. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов. |
| Задание 3 | ВКР- и ВРМБ-усиление и их применение.   | Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме ВКР- и ВРМБ-усилениях. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.                              |
| Задание 4 | Измерение длительности сверхкоротких импульсов                                | Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме сверхкороткие импульсы и методы их измерений. Подго-  |

|           |   |   |
|-----------|---|---|
|           | импульсов.  | товка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.  |
| Задание 5 | Роль нелинейных явлений в волоконно-оптической связи. | Поиск, обработка и систематизация научнотехнической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме использования нелинейных явлений в волоконно-оптической связи. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов. |



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Нелинейная оптика»  
**Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение**  
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные се-  
ти»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2021**

## Паспорт ФОС

*Заполняется в соответствии с Положением о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ, утвержденным приказом ректора от 12.05.2015 №12-13-850.*

Для успешного изучения дисциплины «Нелинейная оптика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);
- способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки (УК-6).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

| Код и формулировка компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|--|--|
| <b>ПК-3.</b> Способность провести экспериментальные исследования, измерения по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов | <b>ПК-3.1.</b> Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации. |
|  | <b>ПК-3.2.</b> Умеет грамотно проводить измерения различных параметров лазерного излучения.  |

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины                    | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства |                          |
|-------|---|---------------------------------------|---------|--------------------|--------------------------|
|       |   |                                       |         | текущий контроль   | промежуточная аттестация |
| 1     | Линейные и нелинейные явления в оптике                      | <b>ПК-3</b>                           | знает   | УО-1               |                          |
|       |   |                                       | умеет   | УО-1, УО-3         |                          |
|       |   |                                       | владеет | ПР-2               | Вопросы к зачету         |
| 2     | Генерация второй гармоники и другие эффекты второго порядка | <b>ПК-3</b>                           | знает   | УО-1               |                          |
|       |   |                                       | умеет   | УО-1, УО-3         |                          |
|       |   |                                       | владеет | ПР-2               | Вопросы к зачету         |
| 3     | Параметрическая   | <b>ПК-3</b>                           | знает   | УО-1               |                          |



|    |  |             |         |            |                  |
|----|--|-------------|---------|------------|------------------|
|    | генерация и усиление света                           |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 4  | Самофокусировка - нелинейный эффект третьего порядка | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 5  | Спонтанное и вынужденное рассеяние света             | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 6  | Четырехволновое смещение                             | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 7  | Нелинейные явления высших порядков                   | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 8  | Двухуровневый атом в сильном поле                    | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 9  | Нелинейные эффекты в волоконных световодах           | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |
| 10 | Нелинейные эффекты в плазме                          | <b>ПК-3</b> | знает   | УО-1       |                  |
|    |  |             | умеет   | УО-1, УО-3 |                  |
|    |  |             | владеет | ПР-2       | Вопросы к зачету |

УО-1 – собеседование; УО-3 – доклад, сообщение; ПР-1 – тест, ПР-2 – контрольная работа (см. Положение о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ №12-13-850 от 12.05.2015)

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код индикатора достижения компетенции | Этапы формирования компетенции |   | критерии  | показатели  |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|
| ПК-3.1                                | знает (пороговый уровень)      | физические принципы, лежащие в основе нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом | знание физических принципов, лежащие в основе нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом | способность перечислить и объяснить физические принципы, лежащие в основе нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом   |
|                                       | умеет (продвинутый)            | использовать приобретенные знания при анализе поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики                | умение использовать приобретенные знания при анализе поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики                 | способность делать анализ поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики  |
|                                       | владеет (высокий)              | методами анализа поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики   | владение методами анализа поставленной задачи исследований в области нелинейной оптики  | способность выполнить задания предусмотренные курсом в установленные сроки в строгом соответствии с предъявляемыми требованиями; способность объяснить и эффективно представить результаты освоения курса |
| ПК-3.2                                | знает (пороговый уровень)      | физические основы оптических нелинейных эффектов  | знание физических основ нелинейных оптических эффектов  | способность перечислить нелинейные оптические эффекты   |
|                                       | умеет (продвинутый)            | проводить измерения и исследования различных нелинейных   | умение проводить измерения и исследования различных не-   | способность проводить измерения различных нелинейных эф-  |

|  |                   |  |   |   |
|--|-------------------|--|---|---|
|  |                   | эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом   | линейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом   | эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом  |
|  | владеет (высокий) | методами измерения и исследования различных нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом. | владение методами измерения и исследования различных нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом. | способность выполнить задания предусмотренные курсом в установленные сроки в строгом соответствии с предъявляемыми требованиями; способность объяснить и эффективно представить результаты освоения курса |

\* **Критерий** – это признак, по которому можно судить об отличии состояния одного явления от другого. Критерий шире показателя, который является составным элементом критерия и характеризует содержание его. Критерий выражает наиболее общий признак, по которому происходит оценка, сравнение реальных явлений, качеств, процессов. А степень проявления, качественная сформированность, определенность критериев выражается в конкретных показателях. Критерий представляет собой средство, необходимый инструмент оценки, но сам оценкой не является. Функциональная роль критерия – в определении или не определении существенных признаков предмета, явления, качества, процесса и др.

**Показатель** выступает по отношению к критерию как частное к общему.

Показатель не включает в себя всеобщее измерение. Он отражает отдельные свойства и признаки познаваемого объекта и служит средством накопления количественных и качественных данных для критериального обобщения.

Главными характеристиками понятия «показатель» являются конкретность и диагностичность, что предполагает доступность его для наблюдения, учета и фиксации, а также позволяет рассматривать показатель как более частное по отношению к критерию, а значит, измерителя последнего.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий и выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Оценка по 5-балльной шкале | Сумма баллов за разделы | Оценка ECTS |
|----------------------------|-------------------------|-------------|
| 5 – «отлично»              | 90-100                  | A           |

|                           |         |   |
|---------------------------|---------|---|
| 4 – «хорошо»              | 85-89   | B |
|                           | 75-84   | C |
|                           | 70-74   | D |
| 3 – «удовлетворительно»   | 65-69   |   |
|                           | 60-64   | E |
| 2 – «неудовлетворительно» | Ниже 60 | F |

Расшифровка уровня знаний, соответствующего кредитно-модульной системе и полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

| Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS                  | Сумма баллов за разделы | Требования к знаниям на устном зачёте/экзамене   |
|--|-------------------------|--|
| <p>«зачтено»/«отлично»</p> <p>–</p> <p>A</p>                 | <p>90 ÷ 100</p>         | <p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p> |
| <p>«зачтено»/ «хорошо»</p> <p>–</p> <p>D, C, B</p>           | <p>70 ÷ 89</p>          | <p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.</p>  |
| <p>«зачтено»/ «удовлетворительно»</p> <p>–</p> <p>E, D</p>   | <p>60 ÷ 69</p>          | <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.</p>  |
| <p>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</p> <p>–</p> <p>F</p> | <p>менее 60</p>         | <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</p>   |

## **Критерии оценки (устный ответ)**

**100-85 баллов** - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

**85-76 - баллов** - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускаются одна - две неточности в ответе.

**75-61 - балл** - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

**60-50 баллов** - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные

ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Критерии оценки (письменного/устного доклада, реферата, сообщения, эссе, в том числе выполненных в форме презентаций):**

**100-86** баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно правового характера. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

**85-76** - баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.

**75-61** балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы

**60-50** баллов - выставляется студенту, если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая

темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Нелинейная оптика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По дисциплине «Нелинейная оптика» предусмотрен следующий вид промежуточной аттестации: зачет. Зачет проводится с использованием оценочных средств устного опроса в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов.



## Список вопросов к зачету

1. Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений. Нарушение принципа суперпозиции в нелинейной оптике. Физические причины различий между линейной и нелинейной оптикой.
2. Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде. Нелинейные оптические восприимчивости и их свойства. Классификация нелинейных эффектов в оптике.
3. Нелинейно-оптическое преобразование частоты в квадратично-нелинейной среде. Генерация второй гармоники. Опыт Франкена.
4. Классические и квантовые модели взаимодействия светового поля с веществом. Модели гармонического и ангармонических осцилляторов. Правило Миллера.
5. Однофотонные и многофотонные процессы. Виды многофотонных переходов и оценка их вероятности. Квантовомеханические закономерности многофотонных переходов. Динамический эффект Штарка.
6. Физические механизмы, приводящие к зависимости показателя преломления от интенсивности света. Влияние рефракционного индекса на характер эволюции светового пучка. Самофокусировка и самоканализация световых пучков.
7. Физические процессы, вызывающие фазовую самомодуляцию (ФСМ) и фазовую кросс-модуляцию (ФКМ) в оптических волокнах. Влияние ФСМ и ФКМ на характеристики волоконно-оптических линий связи.
8. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) и вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), их физический механизм. Квантовая трактовка и пороговые параметры ВКР и ВРМБ.
9. Модели эволюции нелинейных волн: уравнения Римана, Бюргерса, Кортевега-де Фриза, нелинейное уравнение Шредингера, обобщенное эволюционное уравнение.
10. Основные свойства оптических солитонов. Аналитические солитонные решения. Применение оптических солитонов в высокоскоростных линиях связи. Схемы солитонных волоконно-оптических линий связи.

11. Методы сжатия оптических импульсов в диспергирующих средах (волоконно-решеточная компрессия, многосолитонная компрессия). Измерение длительности сверхкоротких оптических импульсов.
12. Четырехволновое смешение, его физический механизм и влияние на характеристики волоконно-оптических линий связи. Параметрическое усиление. Ширина полосы усиления.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Нелинейная оптика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Нелинейная оптика» проводится в форме контрольных мероприятий (реферата, тестирования, практической работы) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Для текущего контроля успеваемости проводятся 2-3 аудиторных письменных теста. Тесты включают по 3-6 вопросов закрытого типа (возможны варианты), длительность теста 40-60 минут.

### **Контрольная работа №1**

#### **Вариант 1**

1. Нелинейное просветление среды. Вывести зависимость коэффициента поглощения от интенсивности.
2. Самофокусировка света в нелинейной оптической среде.

### **Вариант 2**

1. Многофотонное поглощение. Оптический пробой.
2. Самодефокусировка и самоканализация света в нелинейной оптической среде.

### **Вариант 3**

1. Объясните возникновение эффекта насыщения, используя простейшую модель поглощающей среды.
2. Самомодуляция света в нелинейной оптической среде. Механизм формирования оптических солитонов.

## **Контрольная работа №2**

### **Вариант 1**

1. Какими причинами может быть объяснена зависимость показателя преломления от интенсивности света?
2. Генерация высших оптических гармоник. Генерация второй гармоники. Оптическое детектирование.

### **Вариант 2**

1. Нелинейная поляризация среды. Нелинейные восприимчивости.
2. Фазовый синхронизм (ФС). Когерентная длина. Способы достижения ФС.

### **Вариант 3**

1. Параметрическое преобразование частоты света.

2. Параметрическая генерация света произвольной частоты. Генерация субгармоник.

#### **Вариант 4**

1. Объясните с помощью модели ангармонического осциллятора возникновение вторичных волн с кратными частотами.
2. Квазиволновой синхронизм.

### **Контрольная работа №3**

#### **Вариант 1**

1. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
2. Спектры вынужденного комбинационного рассеяния света.

#### **Вариант 2**

1. Обращение волнового фронта (ОВФ) на основе вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. Условия возникновения ОВФ.
2. Зависимость интенсивности вынужденного комбинационного рассеяния света от направления.

#### **Вариант 3**

1. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) света в нелинейно-оптической среде. Отличия ВКР от спонтанного рассеяния.
2. Фотонное эхо.

### **Контрольная работа №4**

#### **Вариант 1**

1. Фоторефрактивный эффект.
2. Диффузионный механизм формирования поля пространственного заряда.

### **Вариант 2**

1. Фоторефрактивные материалы.
2. Дрейфовый механизм формирования поля пространственного заряда.

### **Вариант 3**

1. Двух-волновое смещение в фоторефрактивном кристалле. Уравнение связанных волн.
2. Обращение волнового фронта на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.

### **Вариант 4**

1. Пропускающая, отражательная и ортогональная геометрии взаимодействия волн в фоторефрактивном кристалле.
2. Адаптивный интерферометр на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ\***  
**по дисциплине «Нелинейная оптика»**  
**Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение**  
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные се-  
ти»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2021**

*\*При наличии опубликованных методических указаний по дисциплине*