

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Нелинейная оптика**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**  
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**  
Курс: **4**  
Семестр: **8**  
Учебный план набора 2015 года

**Распределение рабочего времени**

| № | Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                    | 20        | 20    | часов   |
| 2 | Практические занятия      | 18        | 18    | часов   |
| 3 | Лабораторные работы       | 12        | 12    | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий  | 50        | 50    | часов   |
| 5 | Самостоятельная работа    | 58        | 58    | часов   |
| 6 | Всего (без экзамена)      | 108       | 108   | часов   |
| 7 | Общая трудоемкость        | 108       | 108   | часов   |
|   |                           | 3.0       | 3.0   | З.Е.    |

Зачет: 8 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

старший преподаватель каф. ЭП \_\_\_\_\_ М. В. Бородин

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Эксперты:

профессор кафедры ЭП ТУСУР \_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

Доцент кафедры электронных при-  
боров (ЭП)

\_\_\_\_\_ А. И. Аксенов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов понимания теоретических и физических основ современной нелинейной оптики для последующего использования этих знаний при разработке, эксплуатации, исследовании физических свойств и технических характеристик элементов и устройств нелинейной оптики

### 1.2. Задачи дисциплины

– развитие навыков проведения научных экспериментов с применением элементов и устройств нелинейной оптики

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Нелинейная оптика» (Б1.В.ДВ.10.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Интегральная оптика, Компьютерное моделирование и проектирования приборов квантовой электроники, Компьютерное моделирование и проектирования приборов оптической электроники, Математика, Материалы электронной техники, Распространение лазерных пучков, Уравнения оптофизики, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Преддипломная практика.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные явления и законы нелинейной оптики; принципы функционирования измерительной аппаратуры; механизмы возникновения погрешностей при измерении и обработке результатов

– **уметь** использовать современные методы анализа для расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники; подбирать и использовать для эксперимента необходимое оборудование и материалы; использовать известные методики экспериментальных исследований в области оптики; рассчитывать погрешности измерения и находить способы уменьшения погрешностей; оценивать вычислительные погрешности при обработке результатов

– **владеть** терминологией, используемой в нелинейной оптике; современными методами анализа и расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; методами анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений; методиками проведения экспериментальных измерений; программными средствами компьютерного моделирования; методами оценки и уменьшения погрешностей; способами представления физической информации в математической и графической форме

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности  | Всего часов | Семестры  |
|----------------------------|-------------|-----------|
|                            |             | 8 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 50          | 50        |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Лекции  | 20  | 20  |
| Практические занятия                          | 18  | 18  |
| Лабораторные работы                           | 12  | 12  |
| Самостоятельная работа (всего)                | 58  | 58  |
| Оформление отчетов по лабораторным работам    | 18  | 18  |
| Проработка лекционного материала              | 25  | 25  |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 15  | 15  |
| Всего (без экзамена)                          | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч                         | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы                              | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины  | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов<br>(без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---------|---------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|
| 8 семестр   |         |               |              |              |                               |                         |
| 1 Введение  | 1       | 0             | 0            | 2            | 3                             | ПК-1, ПК-2              |
| 2 Общие вопросы нелинейной оптики   | 3       | 4             | 0            | 8            | 15                            | ПК-1, ПК-2              |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | 4       | 6             | 8            | 20           | 38                            | ПК-1, ПК-2              |
| 4 Преобразование частоты при квази-синхронном взаимодействии  | 2       | 2             | 0            | 6            | 10                            | ПК-1, ПК-2              |
| 5 Вынужденное рассеяние света   | 2       | 0             | 0            | 3            | 5                             | ПК-1, ПК-2              |
| 6 Нелинейные явления в оптических волноводах  | 3       | 0             | 0            | 3            | 6                             | ПК-1, ПК-2              |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков   | 3       | 6             | 4            | 13           | 26                            | ПК-1, ПК-2              |
| 8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления  | 2       | 0             | 0            | 3            | 5                             | ПК-1, ПК-2              |
| Итого за семестр  | 20      | 18            | 12           | 58           | 108                           |                         |
| Итого   | 20      | 18            | 12           | 58           | 108                           |                         |

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов   | Содержание разделов дисциплины (по лекциям)   | Трудоемкость,<br>ч | Формируемые<br>компетенции |
|---|---|--------------------|----------------------------|
| 8 семестр   |   |                    |                            |
| 1 Введение  | Цели и задачи, предмет и содержание курса. Современное состояние и научная проблематика нелинейной оптики.  | 1                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 1                  |                            |
| 2 Общие вопросы нелинейной оптики   | Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике. Общий подход к описанию нелинейных эффектов второго порядка. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка.  | 3                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 3                  |                            |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация.  | 4                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 4                  |                            |
| 4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии   | Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Методы формирования индуцированных доменов и регулярных доменных структур.  | 2                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 2                  |                            |
| 5 Вынужденное рассеяние света   | Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.   | 2                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 2                  |                            |
| 6 Нелинейные явления в оптических волноводах  | Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах оптических волноводах.  | 3                  | ПК-1, ПК-2                 |
|   | Итого   | 3                  |                            |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков   | Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. Временные оптические солитоны. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие | 3                  | ПК-1, ПК-2                 |

|  |  |    |            |
|--|--|----|------------|
|  | Итого  | 3  |            |
| 8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | Динамическая голография и обращение волнового фронта. Способы обращения волнового фронта и применения. Оптическая бистабильность. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо. | 2  | ПК-1, ПК-2 |
|  | Итого  | 2  |            |
| Итого за семестр   |  | 20 |            |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин   | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Предшествующие дисциплины  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1 Взаимодействие оптического излучения с веществом   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 Интегральная оптика  |   |   |   |   |   | + | + |   |
| 3 Компьютерное моделирование и проектирования приборов квантовой электроники                         |   |   | + | + |   | + | + | + |
| 4 Компьютерное моделирование и проектирования приборов оптической электроники                        |   |   | + | + |   | + | + | + |
| 5 Математика   |   | + | + | + | + | + | + | + |
| 6 Материалы электронной техники  |   | + | + | + | + | + | + | + |
| 7 Распространение лазерных пучков  |   | + | + | + | + | + | + | + |
| 8 Уравнения оптофизики   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 9 Физика   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 Преддипломная практика   | +   | + | + | + | + | + | + | + |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

|  | Виды занятий | Формы контроля |
|--|--------------|----------------|
|--|--------------|----------------|

| Компетенции | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
|-------------|------|------------|-----------|-----------|--|
| ПК-1        | +    | +          | +         | +         | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест |
| ПК-2        | +    | +          | +         | +         | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов   | Наименование лабораторных работ   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 8 семестр   |   |                 |                         |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 1. Исследование кривых углового синхронизма       | 4               | ПК-1, ПК-2              |
|   | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 2. Исследование кривых температурного синхронизма | 4               |                         |
|   | Итого   | 8               |                         |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков   | Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения   | 4               | ПК-1, ПК-2              |
|   | Итого   | 4               |                         |
| Итого за семестр  |   | 12              |                         |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов                 | Наименование практических занятий (семинаров)       | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|-----------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| 8 семестр                         |   |                 |                         |
| 2 Общие вопросы нелинейной оптики | Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике | 4               | ПК-1, ПК-2              |

|   |   |    |            |
|---|---|----|------------|
|   | Итого   | 4  |            |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах.  | 6  | ПК-1, ПК-2 |
|   | Итого   | 6  |            |
| 4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии   | Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии   | 2  | ПК-1, ПК-2 |
|   | Итого   | 2  |            |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков   | Распространение световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Пространственные оптические солитоны | 6  | ПК-1, ПК-2 |
|   | Итого   | 6  |            |
| Итого за семестр  |   | 18 |            |

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов   | Виды самостоятельной работы                   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля  |
|---|---|-----------------|-------------------------|---|
| 8 семестр   |   |                 |                         |   |
| 1 Введение  | Проработка лекционного материала              | 2               | ПК-1, ПК-2              | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Итого   | 2               |                         |   |
| 2 Общие вопросы нелинейной оптики   | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ПК-1, ПК-2              | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Проработка лекционного материала              | 4               |                         |   |
|   | Итого   | 8               |                         |   |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ПК-1, ПК-2              | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
|   | Проработка лекционного материала              | 4               |                         |   |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 6               |                         |   |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 6               |                         |   |
|   | Итого   | 20              |                         |   |



|   |   |    |               |   |
|---|---|----|---------------|---|
| 4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Проработка лекционного материала              | 3  |               |   |
|   | Итого   | 6  |               |   |
| 5 Вынужденное рассеяние света                               | Проработка лекционного материала              | 3  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Итого   | 3  |               |   |
| 6 Нелинейные явления в оптических волноводах                | Проработка лекционного материала              | 3  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Итого   | 3  |               |   |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков       | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
|   | Проработка лекционного материала              | 3  |               |   |
| 8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления    | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 6  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях, Тест                               |
|   | Итого   | 13 |               |   |
|   | Проработка лекционного материала              | 3  |               |   |
|   | Итого   | 3  |               |   |
| Итого за семестр  |   | 58 |               |   |
| Итого   |   | 58 |               |   |

#### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

#### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

##### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 8 семестр                     |  |   |   |                  |
| Зачет                         |  |   | 20  | 20               |
| Опрос на занятиях             | 12   | 12  | 6   | 30               |
| Отчет по лабораторной работе  | 20   | 20  |   | 40               |
| Тест                          |  |   | 10  | 10               |
| Итого максимум за период      | 32   | 32  | 36  | 100              |
| Нарастающим итогом            | 32   | 64  | 100   | 100              |

## 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ         | 2      |

## 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС)                         | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 - 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 - 89  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 - 84  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 - 74  | D (удовлетворительно)   |
| 65 - 69                              | E (посредственно)  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      |  | 60 - 64                 |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2059> (дата обращения: 26.07.2018).
2. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2012. 197 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/750> (дата обращения: 26.07.2018).
3. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров В. М., Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2012. 244 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1553> (дата обращения: 26.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. - 516 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 19 экз.)
2. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 2001. – 574 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 150 экз.)
3. Прикладная нелинейная оптика: учебное пособие / П. П. Гейко. – Томск: ТУСУР, 2007. – 109 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 83 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе по курсам "Нелинейная оптика" и "Когерентная оптика и голография" для студентов направлений 200700 "Фотоника и оптоинформатика" и 210100 "Электроника и наноэлектроника" / Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2014. 19 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4103> (дата обращения: 26.07.2018).

2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / Шандаров С. М., Бородин М. В. - 2012. 21 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1893> (дата обращения: 26.07.2018).

3. Нелинейная оптика [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления 200700 "Фотоника и оптоинформатика" / Шандаров С. М. - 2014. 33 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4109> (дата обращения: 26.07.2018).

### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

#### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

##### **Учебная лаборатория**

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций  
634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

##### **Описание имеющегося оборудования:**

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд «Оптика» (2 шт.);
- Осциллограф С 1-93;
- Источник питания ТВ-1;
- Источник питания Б5-43;
- Генератор импульсов Г5-54 (3 шт.);
- Генератор импульсов Г5-56;
- Вольтметр В7-78/1;
- Мультиметр FLUKE 8845А;
- Осциллограф ТЕКТРОНИХ TDS 2012С;
- Источник питания Mastech NY 3002D-2;
- Лабораторные стенды: «Электрооптический эффект» (2 шт.), «Фазовый портрет»;
- Компьютер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome

### **13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-

техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеовеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

##### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

##### 14.1.1. Тестовые задания

|   |          |
|---|----------|
| 1. Наибольший коэффициент нелинейной восприимчивости для ниобата лития это... | $d_{31}$ |
|   | $d_{33}$ |
|   | $d_{15}$ |
|   | $d_{22}$ |

|   |   |
|---|---|
| 2. Укажите волновое уравнение для среды с учетом наводимой в ней световыми волнами нелинейной электрической поляризации | $\nabla^2 \mathbf{E} - \mu_0 \frac{\partial^2 (\boldsymbol{\varepsilon} \cdot \mathbf{E})}{\partial t^2} = \mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{P}_{nl}}{\partial t^2}$ |
|   | $\nabla^2 E - \mu \varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$  |
|   | $\frac{\partial A}{\partial z} - \frac{i}{2k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} = \frac{ik \Delta n_{nl}}{n} A$   |
|   | $U'' + \left( \frac{2k^2 \Delta n_{nl}}{n} - 2k\gamma \right) U = 0$  |

|   |  |
|---|--|
| 3. Укажите условия синхронизма для генерации волны суммарной частоты в нелинейной среде | $\omega_3 > 2\omega_1$<br>$\mathbf{k}_3 < 2\mathbf{k}_1$                         |
|   | $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$<br>$\mathbf{k}_3 = \mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2$ |
|   | $\omega_3 = 2\omega_1$<br>$\mathbf{k}_3 = 2\mathbf{k}_1$                         |
|   | $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$<br>$\mathbf{k}_3 = \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2$ |

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 4. В средах с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники? | в однородных линейных средах          |
|   | в средах с кубичной нелинейностью     |
|   | в средах с квадратичной нелинейностью |
|   | в неоднородных линейных средах        |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 5. Для среды с самофокусирующим типом нелинейности решение нелинейного уравнения Шредингера соответствует... | временному солитону |
|  | темному солитону    |
|  | светлому солитону   |
|  | гауссову пучку      |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| 6. Какое уравнение определяет существование солитона и описывает его поведение? | уравнение Кортевега-Де-Вриза |
|   | уравнение Максвелла          |
|   | уравнение Ньютона-Лейбница   |
|   | уравнение Фарадея            |

|   |   |
|---|---|
| 7. Нелинейно-оптические эффекты обнаруживаются по ... | влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений           |
|   | влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов     |
|   | влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах    |
|   | влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 8. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от: | напряженности светового поля    |
|   | длины волны света               |
|   | поляризации светового излучения |
|   | начальной фазы световой волны   |

|  |   |
|--|---|
| 9. Самофокусировка светового пучка происходит в среде, где ... | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света |
|  | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют  |

|  |   |
|--|---|
|  | отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света  |
|  | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света                        |
|  | показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка  |
| 10. Мощность второй гармоники при малой эффективности преобразования увеличивается                         | прямо пропорционально квадрату длины взаимодействия   |
|  | обратно пропорционально квадрату длины взаимодействия   |
|  | прямо пропорционально длине взаимодействия  |
|  | обратно пропорционально длине взаимодействия  |
| 11. Самодефокусировка светового пучка происходит в среде, где ...  | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света |
|  | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света   |
|  | фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света                        |
|  | показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка  |
| 12. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором: | мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения   |
|  | мощность данной гармоники увеличивается линейно   |
|  | мощность данной гармоники увеличивается квадратично   |
|  | мощность данной гармоники достигает первого минимума  |

|  |  |
|--|--|
| 13. При генерации второй оптической гармоники: | один фотон на частоте накачки порождает два фотона на частоте второй гармоники |
|  | один фотон на частоте накачки порождает один фотон на частоте второй гармоники |
|  | два фотона на частоте накачки порождают один фотон на частоте второй гармоники |
|  | два фотона на частоте накачки порождают два фотона на частоте второй гармоники |

|  |   |
|--|---|
| 14. Угловой синхронизм при генерации второй гармоники может быть реализован: | в кубических кристаллах без центра симметрии                        |
|  | в оптически изотропных средах                                       |
|  | в гиротропных кубических кристаллах                                 |
|  | в оптически отрицательных одноосных кристаллах без центра симметрии |

|  |  |
|--|--|
| 15. При параметрической генерации света: | два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с суммарной частотой        |
|  | два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с разностной частотой       |
|  | один фотон накачки порождает два фотона, сумма частот которых равна частоте накачки    |
|  | один фотон накачки порождает два фотона, разность частот которых равна частоте накачки |

|   |   |
|---|---|
| 16. В планарном волноводе показатель преломления волноводного слоя: | не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды                |
|   | должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки |
|   | должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды |
|   | должен превышать показатели   |



|   |   |
|---|---|
|   | преломления подложки и покровной среды  |
| 17. Как соотносятся между собой частоты стоксовых и антистоксовых спектральных компонент? | частота стоксовой компоненты меньше, а антистоксовой — больше частоты исходного излучения     |
|   | частота антистоксовой компоненты меньше, а стоксовой — больше частоты исходного излучения     |
|   | частота стоксовой компоненты меньше антистоксовой, и обе — больше частоты исходного излучения |
|   | частота стоксовой компоненты меньше антистоксовой, и обе — меньше частоты исходного излучения |
| 18. Какой компонент НЕ требуется для работы параметрического генератора света?            | источник когерентного излучения накачки   |
|   | резонатор   |
|   | детектор излучения  |
|   | нелинейный кристалл   |
| 19. Какой параметр кристалла модулируется в сегнетоэлектрических доменных структурах?     | коэффициент преломления   |
|   | коэффициент поглощения  |
|   | поляризованность среды  |
|   | намагниченность среды   |
| 20. Какой эффект возникает благодаря нелинейности третьего порядка поляризации среды ?    | генерация разностной частоты  |
|   | параметрическое усиление  |
|   | комбинационное рассеяние света  |
|   | генерация второй гармоники  |

#### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

1. Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике
2. Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах.
3. Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии
4. Распространение световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Пространственные оптические солитоны

#### 14.1.3. Зачёт

1. Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике
2. Общий подход к описанию нелинейных эффектов второго порядка
3. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка

4. Генерация волны суммарной частоты при коллинеарном взаимодействии в ниобате лития
5. Генерация второй гармоники
6. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники
7. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия
8. Параметрическое усиление
9. Параметрическая генерация
10. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах
11. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках
12. Методы формирования индуцированных доменов и регулярных доменных структур
13. Вынужденное комбинационное рассеяние
14. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна
15. Волноводная генерация второй гармоники
16. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах
17. Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде
18. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков
19. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов
20. Временные оптические солитоны
21. Пространственные оптические солитоны
22. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие
23. Динамическая голография и обращение волнового фронта
24. Способы обращения волнового фронта и применения
25. Оптическая бистабильность
26. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо

#### **14.1.4. Темы лабораторных работ**

1. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 1. Исследование кривых углового синхронизма
2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 2. Исследование кривых температурного синхронизма
3. Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения  |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка   |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)                                       |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами   |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.