

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Нелинейная оптика**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности    | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|------------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                       | 20        | 20    | часов   |
| 2 | Практические занятия         | 22        | 22    | часов   |
| 3 | Лабораторные занятия         | 12        | 12    | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий     | 54        | 54    | часов   |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 40        | 40    | часов   |
| 6 | Самостоятельная работа       | 54        | 54    | часов   |
| 7 | Всего (без экзамена)         | 108       | 108   | часов   |
| 8 | Общая трудоемкость           | 108       | 108   | часов   |
|   |                              | 3.0       | 3.0   | 3.Е     |

Зачет: 7 семестр

Томск 2016

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 2015-09-03 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

ведущий электроник каф. ЭП \_\_\_\_\_ Бородин М. В.

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ Шандаров С. М.

Эксперты:

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

## 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.8.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральная оптика, Компьютерное моделирование и проектирование приборов фотоники и оптоинформатики, Математика, Оптическая физика, Оптическое материаловедение, Основы фотоники, Физика, Физические основы квантовой и оптической электроники.

Последующими дисциплинами являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Голографические методы в фотонике и оптоинформатике, Распространение лазерных пучков.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

– ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** основные явления и законы нелинейной оптики

– **уметь** использовать современные методы анализа для расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; строить простейшие физические и математические модели приборов фотоники и оптоинформатики; оценивать вычислительные погрешности при моделировании

– **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; 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  |
|------------------------------|-------------|-----------|
|                              |             | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего)   | 54          | 54        |
| Лекции                       | 20          | 20        |
| Практические занятия         | 22          | 22        |
| Лабораторные занятия         | 12          | 12        |
| Из них в интерактивной форме | 40          | 40        |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Самостоятельная работа (всего)                | 54  | 54  |
| Оформление отчетов по лабораторным работам    | 12  | 12  |
| Проработка лекционного материала              | 28  | 28  |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 14  | 14  |
| Всего (без экзамена)                          | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость час                        | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости                 | 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  | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|--------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | Введение  | 1      | 0                    | 0                   | 2                      | 3                          | ПК-1, ПК-2              |
| 2 | Общие вопросы нелинейной оптики   | 3      | 4                    | 0                   | 6                      | 13                         | ПК-1, ПК-2              |
| 3 | Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | 4      | 6                    | 8                   | 17                     | 35                         | ПК-1, ПК-2              |
| 4 | Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии   | 2      | 6                    | 0                   | 7                      | 15                         | 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                   | 4                      | 7                          | 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                   | 2                      | 4                          | ПК-1, ПК-2              |
|   | Итого   | 20     | 22                   | 12                  | 54                     | 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, ч | Формируемые компетенции |
|-------------------|---|-----------------|-------------------------|
| 7 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 Манделъштама-Бриллюэна.  | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| 6 Нелинейные явления в оптических волноводах  | Итого  | 2 | ПК-1, ПК-2 |
|   | Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах оптических волноводах.   | 3 |            |
|   | 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           | 3 | ПК-1, ПК-2 |

|  |  |    |            |
|--|--|----|------------|
|  | солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие   |    |            |
|  | 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                         | Интегральная оптика   |   |   | + | + |   | + | + |   |
| 2                         | Компьютерное моделирование и проектирование приборов фотоники и оптоинформатики |   |   | + | + |   | + | + | + |
| 3                         | Математика  | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 4                         | Оптическая физика   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 5                         | Оптическое материаловедение   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 6                         | Основы фотоники   | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 7                         | Физика  | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 8                         | Физические основы квантовой и оптической электроники                            | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1                         | Взаимодействие оптического излучения с веществом                                | +   | + | + | + | + | + | + | + |
| 2                         | Голографические методы в фотонике и оптоинформатике                             | +   | + |   |   |   | + | + | + |
| 3                         | Распространение лазерных пучков   | +   | + | + | + | + | + | + | + |

### 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий |                      |                      |                        | Формы контроля                                  |
|-------------|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|---|
|             | Лекции       | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |   |
| ПК-1        | +            | +                    | +                    | +                      | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |
| ПК-2        | +            | +                    | +                    | +                      | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы   | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
| 7 семестр  |                                    |                                    |                      |       |
| Работа в команде                                       | 4                                  | 4                                  |                      | 8     |
| Решение ситуационных задач                             | 6                                  | 6                                  |                      | 12    |
| Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением |                                    |                                    | 4                    | 4     |
| Мозговой штурм   | 4                                  |                                    |                      | 4     |
| Исследовательский метод                                | 6                                  |                                    | 6                    | 12    |
| Итого за семестр:                                      | 20                                 | 10                                 | 10                   | 40    |
| Итого  | 20                                 | 10                                 | 10                   | 40    |

### 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов        | Содержание лабораторных работ    | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 7 семестр                |                                  |                 |                         |
| 3 Преобразование частоты | Фазовый синхронизм при генерации | 4               | ПК-1, ПК-               |

|  |   |    |            |
|--|---|----|------------|
| лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | 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 | 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

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов   | Содержание практических занятий   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 7 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   | 6               | ПК-1, ПК-2              |
|   | Итого   | 6               |                         |
| 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  |   | 22              |                         |

### 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<br>ч | Формируемые<br>компетенции | Формы контроля                                     |
|---|---|-------------------|----------------------------|--|
| 7 семестр   |   |                   |                            |  |
| 1 Введение  | Проработка лекционного материала              | 2                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях                                  |
|   | Итого   | 2                 |                            |  |
| 2 Общие вопросы нелинейной оптики   | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях                                  |
|   | Проработка лекционного материала              | 4                 |                            |  |
|   | Итого   | 6                 |                            |  |
| 3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях,<br>Отчет по лабораторной работе |
|   | Проработка лекционного материала              | 5                 |                            |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4                 |                            |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4                 |                            |  |
|   | Итого   | 17                |                            |  |
| 4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии   | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях                                  |
|   | Проработка лекционного материала              | 4                 |                            |  |
|   | Итого   | 7                 |                            |  |
| 5 Вынужденное рассеяние света   | Проработка лекционного материала              | 3                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях                                  |
|   | Итого   | 3                 |                            |  |
| 6 Нелинейные явления в оптических волноводах  | Проработка лекционного материала              | 4                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях                                  |
|   | Итого   | 4                 |                            |  |
| 7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков   | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5                 | ПК-1,<br>ПК-2              | Опрос на занятиях,<br>Отчет по лабораторной работе |
|   | Проработка лекционного материала              | 4                 |                            |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4                 |                            |  |

|  |                                  |    |               |                   |
|--|----------------------------------|----|---------------|-------------------|
|  | Итого                            | 13 |               |                   |
| 8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | Проработка лекционного материала | 2  | ПК-1,<br>ПК-2 | Опрос на занятиях |
|  | Итого                            | 2  |               |                   |
| Итого за семестр   |                                  | 54 |               |                   |
| Итого  |                                  | 54 |               |                   |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 7 семестр                     |  |   |   |                  |
| Опрос на занятиях             | 15   | 15  | 15  | 45               |
| Отчет по лабораторной работе  | 18   | 18  | 19  | 55               |
| Итого максимум за период      | 33   | 33  | 34  | 100              |
| Нарастающим итогом            | 33   | 66  | 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                         |  |                       |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 - 64  | E (посредственно)     |

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

### **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-методическое пособие и программное обеспечение**

1. Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения: 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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4103>, свободный.
2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах : Методические указания к лабораторной работе / Шандаров С. М., Бородин М. В. - 2012. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1893>, свободный.
3. Нелинейная оптика: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления 200700 "Фотоника и оптоинформатика" / Шандаров С. М. - 2014. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4109>, свободный.

### **12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Образовательный портал ТУСУР
2. Библиотека ТУСУР

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Экспериментально-измерительные установки для проведения лабораторных работ по дисциплине

### **14. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

### **15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Без рекомендаций.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Нелинейная оптика**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

– ведущий электроник каф. ЭП Бородин М. В.

Зачет: 7 семестр

Томск 2016

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код  | Формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенций  |
|------|--|---|
| ПК-1 | способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики   | Должен знать основные явления и законы нелинейной оптики ;<br>Должен уметь использовать современные методы анализа для расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; строить простейшие физические и математические модели приборов фотоники и оптоинформатики; оценивать вычислительные погрешности при моделировании;<br>Должен 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; программными средствами компьютерного моделирования; методами оценки и уменьшения погрешностей; способами представления физической информации в математической и графической форме; |
| ПК-2 | готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов |   |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии     | Знать   | Уметь   | Владеть  |
|---------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы   |
| Хорошо (базовый уровень)  | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области                                   | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования  | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |

|                                       |                                   |  |                                |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав                           | Знать   | Уметь   | Владеть  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов                | основные явления и законы нелинейной оптики   | использовать современные методы анализа для расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники   | терминологией, используемой в нелинейной оптике; методами анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений; программными средствами компьютерного моделирования                  |
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul> |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>  |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                    | Знать  | Уметь  | Владеть   |
|---------------------------|--|--|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент анализирует связи между различными понятиями</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент самостоятельно выбирает и использует</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• терминологией, используемой в нелинейной оптике;;</li> </ul> |

|                                       |   |  |   |
|---------------------------------------|---|--|---|
|                                       | <p>нелинейной оптики;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент представляет способы и результаты использования различных физических моделей нелинейных процессов;</li> <li>• студент математически обосновывает выбор метода и план решения задачи;</li> </ul>  | <p>оптимальный метод анализа нелинейного взаимодействия излучения с веществом применительно к задаче;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент самостоятельно строит модели процессов, лежащих в основе приборов и устройств оптической электроники;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно выбирает и корректно применяет оптимальные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• самостоятельно выбирает и корректно использует необходимые программные средства компьютерного моделирования;</li> </ul>  |
| Хорошо (базовый уровень)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент понимает связи между различными понятиями нелинейной оптики;</li> <li>• студент имеет представление о физических моделях нелинейных процессов;</li> <li>• студент аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи;</li> <li>• студент графически иллюстрирует задачу;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент корректно применяет известные методы анализа нелинейного взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>• студент корректно использует существующие модели оптических процессов для анализа функционирования устройств оптической электроники;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• корректно применяет различные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• корректно использует необходимые программные средства компьютерного моделирования;</li> </ul>                                    |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент дает определения основных понятий нелинейной оптики;</li> <li>• студент дает описание основных процессов, явлений нелинейной оптики;</li> <li>• студент знает основные методы решения типовых задач;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент с незначительными ошибками применяет известные методы анализа нелинейного взаимодействия излучения с веществом, и умеет корректировать свою работу при обнаружении указанных ошибок;</li> <li>• студент с незначительными ошибками использует существующие модели оптических процессов для анализа функционирования устройств оптической электроники и способен исправлять ошибки при обнаружении;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• с незначительными ошибками применяет известные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• использует известные программные средства компьютерного моделирования для решения стандартных задач;</li> </ul> |

## 2.2 Компетенция ПК-2

ПК-2: готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав                           | Знать   | Уметь   | Владеть  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов                | основные явления и законы нелинейной оптики; механизмы возникновения погрешностей при моделировании   | использовать современные методы анализа для расчёта нелинейного взаимодействия излучения с веществом; оценивать вычислительные погрешности при моделировании  | терминологией, используемой в нелинейной оптике; методами оценки и уменьшения погрешностей; способами представления физической информации в математической и графической форме; программными средствами автоматизированного моделирования и проектирования |
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>   |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>  |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                    | Знать   | Уметь   | Владеть   |
|---------------------------|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент знает механизмы возникновения погрешностей при компьютерном</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент способен самостоятельно подбирать и использовать для эксперимента</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• студент владеет</li> </ul> |



|                                       |  |   |  |
|---------------------------------------|--|---|--|
|                                       | <p>моделировании;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент знает методики уменьшения погрешностей компьютерного моделирования;</li> <li>• студент знает основные явления и законы нелинейной оптики, понимает связь между ними, самостоятельно анализирует процессы нелинейного взаимодействия излучения с веществом;</li> </ul> | <p>необходимое оборудование и материалы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент умеет выбирать и использовать оптимальные методики экспериментальных исследований;</li> <li>• студент умеет самостоятельно корректно рассчитывать погрешности измерения и находить способы уменьшения погрешностей;</li> <li>• студент умеет корректно оценивать вычислительные погрешности при обработке результатов и находить способы уменьшения погрешностей ;</li> </ul> | <p>методиками проведения экспериментальных измерений, обработки и анализа результатов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет методами оценки и уменьшения погрешностей;</li> <li>• студент владеет способами представления физической информации в математической и графической форме;</li> </ul>   |
| Хорошо (базовый уровень)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент знает механизмы возникновения погрешностей при компьютерном моделировании;</li> <li>• студент знает основные явления и законы нелинейной оптики, понимает связь между ними;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент умеет самостоятельно корректно рассчитывать погрешности измерения;</li> <li>• студент способен самостоятельно подбирать и использовать для эксперимента необходимое оборудование и материалы;</li> <li>• студент умеет использовать известные методики экспериментальных исследований;</li> <li>• студент умеет корректно оценивать вычислительные погрешности при обработке результатов;</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• студент владеет методиками проведения экспериментальных измерений и обработки результатов;</li> <li>• студент владеет методами оценки погрешностей;</li> <li>• студент владеет способами представления физической информации в математической и графической форме;</li> </ul> |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент знает методы оценки погрешностей компьютерного моделирования;</li> <li>• студент знает</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент способен подбирать и использовать для эксперимента необходимое</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• студент владеет</li> </ul>  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | основные явления и законы нелинейной оптики; | оборудование и материалы;<br>• студент умеет использовать известные методики экспериментальных исследований;<br>• студент умеет пользоваться справочной литературой; | методиками проведения экспериментальных измерений и обработки результатов;<br>• студент владеет стандартными программными средствами для создания отчетов, презентаций; |
|--|--|--|---|

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Темы опросов на занятиях

- Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике
- Общий подход к описанию нелинейных эффектов второго порядка
- Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка
- 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
- Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах
- Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках
- Методы формирования индуцированных доменов и регулярных доменных структур
- Вынужденное комбинационное рассеяние
- Вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна
- Волноводная генерация второй гармоники
- Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах
- 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
- Динамическая голография и обращение волнового фронта
- Способы обращения волнового фронта и применения
- Оптическая бистабильность
- Нелинейный интерферометр Фабри-Перо

#### 3.2 Темы лабораторных работ

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

### 3.3 Зачёт

- Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике
- Общий подход к описанию нелинейных эффектов второго порядка
- Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка
- 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
- Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах
- Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках
- Методы формирования индуцированных доменов и регулярных доменных структур
- Вынужденное комбинационное рассеяние
- Вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна
- Волноводная генерация второй гармоники
- Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах
- 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
- Динамическая голография и обращение волнового фронта
- Способы обращения волнового фронта и применения
- Оптическая бистабильность
- Нелинейный интерферометр Фабри-Перо

### 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

#### 4.1. Основная литература

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

#### 4.2. 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.)

#### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения: 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. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4103>, свободный.

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

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

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Образовательный портал ТУСУР
2. Библиотека ТУСУР