

**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**

**Фоторефрактивная и нелинейная оптика**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**  
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**  
Курс: **1**  
Семестр: **2**  
Учебный план набора 2017 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	16	часов
2	Практические занятия	16	16	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	40	40	часов
5	Самостоятельная работа	68	68	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

зав.каф. ЭП каф. ЭП \_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

профессор каф. ЭП \_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

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:

Доцент кафедры электронных при-  
боров (ЭП) \_\_\_\_\_ А. И. Аксенов

Профессор кафедры электронных  
приборов (ЭП) \_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины состоит в приобретении магистрантами глубоких и современных знаний по физическим основам нелинейной оптики и по принципам использования нелинейно-оптических явлений в квантовой и оптической электронике

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение основных законов и соотношений, необходимых для описания фоторефрактивных и нелинейно-оптических явлений;
- изучение основных понятий, законов и соотношений, необходимых для описания явлений самовоздействия в фоторефрактивных кристаллах;
- расширение и углубление знаний кристаллооптики, электрооптических, акустооптических, магнитооптических эффектов, физических механизмов нелинейно-оптических явлений, условий их осуществления в реальных средах;
- в раскрытии принципов дескрипции, математического моделирования и анализа нелинейно-оптических явлений, а также способов их использования в приборах квантовой и оптической электронике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Фоторефрактивная и нелинейная оптика» (Б1.В.ОД.3.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: История и методология науки и техники в области электроники, Процессы лазерной и электронно-ионной обработки.

Последующими дисциплинами являются: Динамическая голография, Научно-исследовательская работа (рассред.), Полупроводниковая оптоэлектроника.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-3 готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени;
- ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основы кристаллооптики, природу электрооптических, магнитооптических, пьезооптических эффектов в анизотропных средах; механизмы параметрического и комбинационного взаимодействия световых волн, а также самовоздействия световых пучков; условия генерации оптических гармоник и других нелинейно-оптических явлений
- **уметь** осуществлять системный, модельный и экспериментально-методический подходы к нелинейно-оптическим явлениям, проводить оценку границ применимости нелинейных моделей
- **владеть** навыками описания оптико-физических процессов в нелинейных изотропных и анизотропных средах, включая нестационарные и неоднородные, оперирования с их математическими моделями; изучения нелинейно-оптических явлений с целью выяснения их закономерностей, а также применения в приборах квантовой электроники, оптоэлектроники, оптоинформатики

## 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
		2 семестр

Аудиторные занятия (всего)	40	40
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Лабораторные работы	8	8
Самостоятельная работа (всего)	68	68
Оформление отчетов по лабораторным работам	10	10
Проработка лекционного материала	5	5
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	31	31
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	22	22
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 (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр						
1 Введение	2	0	0	1	3	ПК-3, ПК-5
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики	4	4	2	13	23	ПК-3, ПК-5
3 Генерация второй оптической гармоники	4	4	2	19	29	ПК-3, ПК-5
4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография	4	6	2	17	29	ПК-3, ПК-5
5 Технические приложения фото-рефрактивной и нелинейной оптики	2	2	2	18	24	ПК-3, ПК-5
Итого за семестр	16	16	8	68	108	
Итого	16	16	8	68	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

2 семестр			
1 Введение	Цель и содержание курса, его связь с другими дисциплинами, основная и дополнительная литература. История открытия нелинейно-оптических эффектов и явления фоторефракции	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике. Общий подход к описанию нелинейных эффектов. Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка. Генерация волн суммарной и разностной частоты при коллинеарном взаимодействии. Качественное описание основных эффектов динамической голографии. Интерференция световых пучков, основные физические процессы при формировании динамических голограмм, основные эффекты динамической голографии.	4	ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
3 Генерация второй оптической гармоники	Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при наличии обратного воздействия. Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах. Периодические доменные структуры в сегнетоэлектриках. Методы формирования регулярных доменных структур. Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах	4	ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография	Модели зонного переноса. Схемы уровней, системы материальных уравнений. Анализ фоторефрактивного эффекта в приближении малых контрастов интерференционной картины. Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм. Формирование фоторефрактивных голограмм в постоянном и знакопеременном внешних электрических полях. Самодифракция световых волн на фоторефрактивных голограммах. Уравнения связанных волн. Самодифракция световых волн на фоторефрактивной решетке при локальном и нелокальном типах нелинейного отклика	4	ПК-3, ПК-5
	Итого	4	
5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики	Параметрическое усиление и генерация, вынужденное комбинационное рассеяние света и их использование в спектроскопии. Способы обращения волнового фронта и реализации оптической бистабильности и их применения. Голографические системы оптической памяти и распознавания образов. Адаптивные голографические корреляторы и интерферометры на основе фоторефрактив-	2	ПК-3, ПК-5

	ных кристаллов		
	Итого	2	
Итого за семестр		16	

### 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
Предшествующие дисциплины					
1 История и методология науки и техники в области электроники	+				
2 Процессы лазерной и электронно-ионной обработки					+
Последующие дисциплины					
1 Динамическая голография	+	+		+	+
2 Научно-исследовательская работа (рас-сред.)		+	+	+	+
3 Полупроводниковая оптоэлектроника		+	+	+	+

### 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

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-5	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Тест, Отчет по практическому занятию

### 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
2 семестр			
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики	Определение эффективного коэффициента двух-пучкового усиления	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
3 Генерация второй оптической гармоники	Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография	Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
5 Технические приложения фото-рефрактивной и нелинейной оптики	Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

### 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
2 семестр			
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики	Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды	2	ПК-3, ПК-5
	Механизмы модуляции оптических свойств фото-рефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн	2	
	Итого	4	
3 Генерация второй оптической гармоники	Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки	4	ПК-3, ПК-5
	Итого	4	

4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография	Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм	3	ПК-3, ПК-5
	Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах	3	
	Итого	6	
5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики	Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм	2	ПК-3, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		16	

### 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
<b>2 семестр</b>				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ПК-3, ПК-5	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
2 Фундаментальные аспекты и основные эффекты фоторефрактивной и нелинейной оптики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-3, ПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1		
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	7		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	13		
3 Генерация второй оптической гармоники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-3, ПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	1		



	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	19		
4 Фоторефрактивный эффект и динамическая голография	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-3, ПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	17		
5 Технические приложения фоторефрактивной и нелинейной оптики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-3, ПК-5	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	18		
Итого за семестр		68		
Итого		68		

#### 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
2 семестр				
Зачет			20	20
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	7	14	14	35
Отчет по практическому	3	3	4	10

занятию				
Тест	6	7	7	20
Итого максимум за период	21	29	50	100
Нарастающим итогом	21	50	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. 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: <https://edu.tusur.ru/publications/1553> (дата обращения: 22.07.2018).

2. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2012. 197 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/750> (дата обращения: 22.07.2018).

3. Введение в нелинейную оптику [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2059> (дата обращения: 22.07.2018).

4. Фоторефрактивная нелинейная оптика : учебное методическое пособие / С. М. Шандаров, Н. И. Буримов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 39 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588[4] с. : ил. - (Мир электроники ; VII - 04). - ISBN 5-94836-031-8 (наличие в

библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Взаимодействие световых волн на отражательных голографических решетках в кубических фоторефрактивных кристаллах : сборник статей / Е. Ю. Агеев [и др.] ; ред.: С. М. Шандаров, А. Л. Толстик ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 99[1] с. : ил. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-86889-464-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.)

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Методы динамической голографии [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 37 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1110> (дата обращения: 22.07.2018).

2. Когерентная и нелинейная оптика [Электронный ресурс]: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе / Шандаров С. М. - 2012. 34 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2071> (дата обращения: 22.07.2018).

3. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210401.65 / Шандаров В. М. - 2013. 57 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2888> (дата обращения: 22.07.2018).

4. 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: <https://edu.tusur.ru/publications/1893> (дата обращения: 22.07.2018).

5. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 17 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1501> (дата обращения: 22.07.2018).

6. Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для магистров по направлению 12.04.03 «Фотоника и оптоинформатика» / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2015. 22 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5961> (дата обращения: 22.07.2018).

7. Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / Шмаков С. С., Шандаров С. М. - 2012. 16 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1765> (дата обращения: 22.07.2018).

#### **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

### **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 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.

##### **13.1.4. 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, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей 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. Нелинейно-оптические эффекты обнаруживаются по ...
  - а) влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений
  - б) влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов
  - в) влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах
  - г) влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины
2. Фоторефрактивный эффект заключается ...
  - а) в изменении коэффициента поглощения прозрачных материалов под действием света
  - б) в изменении показателя преломления прозрачных материалов под действием света
  - в) в изменении коэффициента отражения от непрозрачных материалов под действием света
  - г) в зависимости показателя преломления оптических материалов от поляризации света
3. Фоторефрактивный эффект в электрооптических кристаллах обусловлен
  - а) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и квадратичным электрооптическим эффектом
  - б) фотоиндуцированным дрейфом ионов при неоднородном освещении и фотоупругим эффектом
  - в) изменением температуры кристалла при неоднородном освещении и термоупругими напряжениями

г) перераспределением зарядов по дефектным центрам при неоднородном освещении и линейным электрооптическим эффектом

4. Условием проявления оптической нелинейности среды является зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от:

- а) напряженности светового поля
- б) длины волны света
- в) поляризации светового излучения
- г) начальной фазы световой волны

5. Самофокусировки светового пучка происходит в среде, где ...

а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света

б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света

в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света

г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка

6. Под действием света в электрооптическом кристалле наблюдается изменение показателя преломления. Это:

- а) фоторефрактивный эффект
- б) пироэлектрический эффект
- в) исключительно квадратичный электрооптический эффект Керра
- г) исключительно пьезоэлектрический эффект

7. Электрооптический эффект обусловлен изменением показателя преломления кристалла

- а) под действием светового поля
- б) под действием создаваемых в нем упругих деформаций
- в) под действием температурного поля
- г) под действием электрического поля

8. Мощность второй гармоники при малой эффективности преобразования увеличивается

- а) прямо пропорционально квадрату длины взаимодействия
- б) обратно пропорционально квадрату длины взаимодействия
- в) прямо пропорционально длине взаимодействия
- г) обратно пропорционально длине взаимодействия

9. Самодефокусировки светового пучка происходит в среде, где ...

а) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине увеличиваются с интенсивностью света

б) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют отрицательный знак и по абсолютной величине уменьшаются с интенсивностью света

в) фотоиндуцированные возмущения показателя преломления имеют положительный знак и увеличиваются с интенсивностью света

г) показатель преломления не зависит от интенсивности светового пучка

10. Длиной когерентности для генерации второй гармоники называется расстояние взаимодействия, при котором:

- а) мощность данной гармоники увеличивается от нуля до первого максимального значения
- б) мощность данной гармоники увеличивается линейно
- в) мощность данной гармоники увеличивается квадратично
- г) мощность данной гармоники достигает первого минимума

11. В средах с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?

- а) в линейных
- б) с квадратичной нелинейностью
- в) с кубической нелинейностью
- г) во всех прозрачных анизотропных средах

12. При генерации второй оптической гармоники:

- а) один фотон на частоте накачки порождает два фотона на частоте второй гармоники
- б) один фотон на частоте накачки порождает один фотон на частоте второй гармоники

- в) два фотона на частоте накачки порождают один фотон на частоте второй гармоники
  - г) два фотона на частоте накачки порождают два фотона на частоте второй гармоники
- 13 Угловой синхронизм при генерации второй гармоники может быть реализован:

- а) в кубических кристаллах без центра симметрии
- б) в оптически изотропных средах
- в) в гиротропных кубических кристаллах
- г) в оптически отрицательных одноосных кристаллах без центра симметрии

14) При параметрической генерации света:

- а) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с суммарной частотой
- б) два фотона с различающимися частотами порождают один фотон с разностной частотой
- в) один фотон накачки порождает два фотона, сумма частот которых равна частоте накачки
- г) один фотон накачки порождает два фотона, разность частот которых равна частоте накачки

ки

15. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет фотоионизации:

- а) пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров
- б) обратно пропорциональна сечению фотоионизации, интенсивности света и концентрации нейтральных доноров
- в) пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и обратно пропорциональна концентрации нейтральных доноров
- г) обратно пропорциональна сечению фотоионизации и интенсивности света и прямо пропорциональна концентрации нейтральных доноров

16. Скорость изменения концентрации ионизированных доноров за счет рекомбинации:

- а) положительна и пропорциональна концентрации как электронов в зоне проводимости, так и ловушечных центров
- б) отрицательна, пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров
- в) отрицательна и пропорциональна концентрации как электронов в зоне проводимости, так и ловушечных центров
- г) положительна, пропорциональна концентрации электронов в зоне проводимости и обратно пропорциональна концентрации ловушечных центров

17. Амплитуда поля пространственного заряда фоторефрактивной решетки при диффузионном механизме её формирования достигает максимума:

- а) при диффузионном поле, в два раза превосходящем поле насыщения ловушек
- б) при поле насыщения ловушек, в два раза превосходящем диффузионное поле
- в) при нулевом значении поля насыщения ловушек
- г) при диффузионном поле, равном полю насыщения ловушек

18. Какое взаимодействие световых волн на голограмме называют попутными?

- а) взаимодействие двух световых волн на голограмме, сформированной этими же световыми волнами, при противоположных знаках проекции их волновых векторов на нормаль к плоскостям, ограничивающим регистрирующую среду;
- б) взаимодействие двух световых волн на голограмме, при угле между их волновыми векторами в регистрирующей среде, равном  $90^\circ$ ;
- в) взаимодействие двух световых волн на голограмме, сформированной этими же световыми волнами, при одинаковых знаках проекции их волновых векторов на нормаль к плоскостям, ограничивающим регистрирующую среду;
- г) дифракция светового пучка на голограмме, сформированной светом с другой длиной волны.

19. Какой эффект самодифракции наблюдается в фоторефрактивной среде с чисто нелокальным откликом?

- а) перекачка фазы совместно с перекачкой мощности (интенсивности)
- б) перекачка фазы
- в) перекачка фазы от пучка накачки к сигнальному пучку
- г) перекачка мощности (интенсивности)

20. Какие свойства фоторефрактивных кристаллов используются в адаптивных голографических интерферометрах?

- а) динамический характер фоторефрактивных голограмм в сочетании с конечной инерционностью процесса их формирования
- б) динамический характер фоторефрактивных голограмм исключительно
- в) конечная инерционность процесса формирования фоторефрактивных голограмм исключительно
- г) возможность одновременного формирования фазовых и амплитудных голограмм

#### **14.1.2. Темы опросов на занятиях**

Фундаментальные аспекты и основные эффекты фото-рефрактивной и нелинейной оптики  
Генерация второй оптической гармоники  
Фоторефрактивный эффект и динамическая голография  
Технические приложения фото-рефрактивной и нелинейной оптики

#### **14.1.3. Зачёт**

Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике  
Электромагнитная теория нелинейных эффектов второго порядка  
основные эффекты динамической голографии  
Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники  
Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах.  
Генерация гармоник на периодических доменных структурах в оптических волноводах  
Модели зонного переноса  
Диффузионный и фотогальванический механизмы записи фоторефрактивных голограмм  
Уравнения связанных волн  
Параметрическое усиление и генерация  
Способы обращения волнового фронта и реализации оптической бистабильности и их применения  
Адаптивные голографические корреляторы

#### **14.1.4. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

Световые волны в анизотропных средах. Линейная и нелинейная поляризация среды  
Механизмы модуляции оптических свойств фоторефрактивных кристаллов динамическими голограммами. Дифракция света на объемных фазовых голограммах. Уравнения связанных волн  
Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в одноосных и двуосных кристаллах. Генерация второй гармоники в условиях истощения волны накачки  
Зонные модели перераспределения заряда в фоторефрактивных кристаллах. Формирование фоторефрактивных динамических голограмм  
Самодифракция световых волн на динамических голограммах в фоторефрактивных кристаллах  
Адаптивная интерферометрия с использованием динамических фоторефрактивных голограмм

#### **14.1.5. Темы лабораторных работ**

Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления  
Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах  
Исследование динамики двухпучкового взаимодействия на динамических отражательных голограммах в кристаллах силленитов  
Исследование амплитудной характеристики адаптивного голографического интерферометра в широком динамическом диапазоне

#### **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.