

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): **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	48	48	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	60	60	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.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) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 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.11.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральная оптика, Квантовая и оптическая электроника, Компьютерное моделирование и проектирования приборов оптической электроники, Математика, Материалы электронной техники, Физика, Физика конденсированного состояния.

Последующими дисциплинами являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Распространение лазерных пучков.

## 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 наноэлектроники 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 наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины студент 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 наноэлектроники; 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
		7 семестр

Аудиторные занятия (всего)	48	48
Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Из них в интерактивной форме	30	30
Самостоятельная работа (всего)	60	60
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	29	29
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	19	19
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	2	4	0	8	14	ПК-1, ПК-2
3	Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	4	4	8	18	34	ПК-1, ПК-2
4	Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	2	3	0	8	13	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	2	7	4	15	28	ПК-1, ПК-2
8	Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	2	0	0	2	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	18	18	12	60	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.	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
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
	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 самодифракция световых пучков	Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде. Самофокусировка и самодифракция световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. Временные оптические солитоны. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие	2	ПК-1, ПК-2
	Итого	2	
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		18	

### 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	Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Компьютерное моделирование и проектирования приборов оптической электроники			+	+		+	+	+
4	Математика		+	+	+	+	+	+	+
5	Материалы электронной техники		+	+	+	+	+	+	+
6	Физика	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Физика конденсированного состояния	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины									
1	Взаимодействие оптического излучения с веществом	+	+	+	+	+	+	+	+

2	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	4	6		10
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением			4	4
Мозговой штурм	2			2
Исследовательский метод			6	6
Итого за семестр:	10	10	10	30
Итого	10	10	10	30

#### 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
<b>7 семестр</b>			
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

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>7 семестр</b>			
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.	4	ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	3	ПК-1, ПК-2
	Итого	3	
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Распространение световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Пространственные оптические солитоны	7	ПК-1, ПК-2



	Итого	7	
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
7 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	2		
2 Общие вопросы нелинейной оптики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	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
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	18		
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
5 Вынужденное рассеяние света	Проработка лекционного материала	3	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	3		
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Проработка лекционного материала	4	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	4		
7 Самофокусировка и самодефокусировка	Подготовка к практическим занятиям,	7	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной

световых пучков	семинарам			работе
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	15		
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	2		
Итого за семестр		60		
Итого		60		

## 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	19	49
Отчет по лабораторной работе	16	16	19	51
Итого максимум за период	31	31	38	100
Нарастающим итогом	31	62	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	В (очень хорошо)
	75 - 84	С (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
	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 210100 "Электроника и наноэлектроника" / Шандаров С. М. - 2014. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4110>, 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): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль): **Квантовая и оптическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2014 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 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	Должен знать основные явления и законы нелинейной оптики; принципы функционирования измерительной аппаратуры; механизмы возникновения погрешностей при измерении и обработке результатов; Должен 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;
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	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; методиками проведения экспериментальных измерений; программными средствами компьютерного моделирования; методами оценки и уменьшения погрешностей; способами представления физической информации в математической и графической форме;

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	Знать	Уметь	Владеть
--------------	-------	-------	---------

критерии			
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 строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

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> </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> </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>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</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 нелинейной оптики;</li> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент самостоятельно выбирает и использует оптимальный метод анализа нелинейного взаимодействия излучения с веществом применительно к задаче;</li> <li>• студент самостоятельно строит модели процессов, лежащих в основе приборов и устройств оптической электроники;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;;</li> <li>• Студент самостоятельно выбирает и корректно применяет оптимальные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• Студент 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>• Студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;;</li> <li>• Студент корректно применяет различные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• Студент 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>• Студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;;</li> <li>• Студент с незначительными ошибками применяет известные методы анализа оптических и оптико-физических схем приборов и наблюдаемых явлений;</li> <li>• Студент использует известные программные средства компьютерного моделирования для решения стандартных задач;</li> </ul>
---------------------------------------	--	--	--

## 2.2 Компетенция ПК-2

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

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; принципы функционирования измерительной аппаратуры; механизмы возникновения погрешностей при измерении и обработке результатов	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	терминологией, используемой в нелинейной оптике; методиками проведения экспериментальных измерений; методами оценки и уменьшения погрешностей; способами представления физической информации в математической и графической форме
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия;	• Интерактивные практические занятия;	• Интерактивные практические занятия;



	<ul style="list-style-type: none"> <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 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 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 основные явления и законы нелинейной оптики, понимает связь между ними, самостоятельно анализирует процессы нелинейного взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>• студент знает принципы функционирования измерительной аппаратуры, ее рабочий диапазон и ограничения;</li> <li>• студент знает механизмы возникновения погрешностей при измерении и обработке результатов;</li> <li>• студент знает методики уменьшения погрешностей как при измерении, так и при обработке результатов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент способен самостоятельно подбирать и использовать для эксперимента необходимое оборудование и материалы;</li> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет терминологией, используемой в нелинейной оптике;</li> <li>• студент владеет методиками проведения экспериментальных измерений, обработки и анализа результатов;</li> <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 основные явления и законы нелинейной</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент способен самостоятельно подбирать и</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент владеет терминологией, используемой в</li> </ul>

	<p>оптики, понимает связь между ними;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент знает принципы функционирования измерительной аппаратуры, ее рабочий диапазон и ограничения;</li> <li>• студент знает механизмы возникновения погрешностей при измерении и обработке результатов;</li> </ul>	<p>использовать для эксперимента необходимое оборудование и материалы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент умеет использовать известные методики экспериментальных исследований;</li> <li>• студент умеет самостоятельно корректно рассчитывать погрешности измерения;</li> <li>• студент умеет корректно оценивать вычислительные погрешности при обработке результатов;</li> </ul>	<p>нелинейной оптике;</p> <ul style="list-style-type: none"> <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 основные явления и законы нелинейной оптики;</li> <li>• студент знает принципы функционирования измерительной аппаратуры;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• студент способен подбирать и использовать для эксперимента необходимое оборудование и материалы;</li> <li>• студент умеет использовать известные методики экспериментальных исследований;</li> <li>• студент умеет пользоваться справочной литературой;</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 стандартными программными средствами для создания отчетов, презентаций;</li> </ul>

### 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 210100 "Электроника и наноэлектроника" / Шандаров С. М. - 2014. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4110>, свободный.

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

1. Образовательный портал ТУСУР
2. Библиотека ТУСУР