МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«18» _____12_____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	60	60	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	7

Томск

Согласована на портале № 63756

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. 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 фотоники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Развитие навыков проведения научных экспериментов с применением элементов и устройств нелинейной оптики.
2. Формирование навыков построения физических и математических моделей приборов и устройств фотоники, а также применения этих моделей для исследования характеристик разрабатываемой техники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.02.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 63756

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	Знает основные уравнения оптической физики, взаимодействия оптического излучения с веществом, методы теоретического и численного анализа и моделирования, основы программирования на языках высокого уровня на уровне, необходимом для выполнения задач моделирования.
	ОПК-1.2. Умеет планировать и формулировать задачи исследования, решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Умеет составлять план работы, формулировать поэтапные задачи исследования, решать поставленные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, строить физические и математические модели приборов и устройств фотоники, а также использовать доступные технические и программные средства для моделирования.
	ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, математического моделирования различных процессов	Владеет навыками теоретического и численного анализа физических процессов; применения стандартных программных средств моделирования; способностью выбирать и реализовывать на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик устройств фотоники.
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 63756

ПКР-1. Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	ПКР-1.1. Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптико-электронному прибору.	Владеет навыками поиска информации и способен их применять для определения требований к разрабатываемым приборам и устройствам фотоники.
	ПКР-1.2. Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.	Умеет проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.
	ПКР-1.3. Уточняет и корректирует требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.	Способен уточнять и корректировать, при необходимости, требования к параметрам разрабатываемых приборов фотоники.
	ПКР-1.4. Согласует технические требования к параметрам разрабатываемого изделия и прибора, сроки выполнения этапов разработки, перечня и объема документации.	Знает принципы планирования и распределения рабочего времени и применяет их для согласования технических требований к параметрам разрабатываемого изделия, сроков выполнения этапов разработки, перечня и объёма документации.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	48	48
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	60	60
Подготовка к зачету	22	22
Подготовка к тестированию	11	11
Выполнение практического задания	15	15
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	12
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в

Согласована на портале № 63756

таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение	1	-	-	3	4	ОПК-1, ПКР-1
2 Общие вопросы нелинейной оптики	3	4	-	10	17	ОПК-1, ПКР-1
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	4	6	8	19	37	ОПК-1, ПКР-1
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	2	2	-	5	9	ОПК-1, ПКР-1
5 Вынужденное рассеяние света	2	-	-	3	5	ОПК-1, ПКР-1
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	2	-	-	3	5	ОПК-1, ПКР-1
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	2	6	4	14	26	ОПК-1, ПКР-1
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	2	-	-	3	5	ОПК-1, ПКР-1
Итого за семестр	18	18	12	60	108	
Итого	18	18	12	60	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Введение	Цели и задачи, предмет и содержание курса. Современное состояние и научная проблематика нелинейной оптики.	1	ОПК-1, ПКР-1
	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	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	3	

Согласована на портале № 63756

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	ОПК-1, ПКР-1
	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	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
5 Вынужденное рассеяние света	Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.	2	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Волноводная генерация второй гармоники. Генерация гармоник на периодических доменных структурах воптических волноводах.	2	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Распространение световых пучков и световых импульсов в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. Временные оптические солитоны. Пространственные оптические солитоны. Пространственные солитоны в фоторефрактивных кристаллах и их взаимодействие.	2	ОПК-1, ПКР-1
	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	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Согласована на портале № 63756

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Общие вопросы нелинейной оптики	Нелинейная поляризация среды при мгновенном отклике	4	ОПК-1, ПКР-1
	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	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	6	
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Квазисинхронное взаимодействие в периодических нелинейных структурах.	2	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Распространение световых пучков в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков. Пространственные оптические солитоны.	6	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 1. Исследование кривых углового синхронизма	4	ОПК-1, ПКР-1
	Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 2. Исследование кривых температурного синхронизма	4	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	8	
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах	4	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

Согласована на портале № 63756

Итого	12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Введение	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	3		
2 Общие вопросы нелинейной оптики	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Итого	10		
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	5	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ОПК-1, ПКР-1	Лабораторная работа
	Итого	19		
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	2	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Итого	5		
5 Вынужденное рассеяние света	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	3		
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	3		

Согласована на портале № 63756

7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-1, ПКР-1	Лабораторная работа
	Итого	14		
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	3		
Итого за семестр		60		
Итого		60		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование
ПКР-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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				
Зачёт	0	0	20	20
Лабораторная работа	0	10	20	30
Практическое задание	18	10	12	40
Тестирование	0	0	10	10
Итого максимум за период	18	20	62	100
Нарастающим итогом	18	38	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Согласована на портале № 63756

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / С. М. Шандаров - 2012. 41 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2059.

7.2. Дополнительная литература

1. Прикладная нелинейная оптика: учебное пособие / П. П. Гейко. – Томск: ТУСУР, 2007. – 109 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.).

2. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

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

2. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах: Методические указания к лабораторным работам / П. П. Гейко - 2012. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1353.

3. Практикум по квантовой и нелинейной оптике: Методические указания к практическим занятиям / А. С. Акрестина, С. М. Шандаров - 2018. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7404.

4. Практикум по квантовой и нелинейной оптике: Методические указания по самостоятельной работе / А. С. Акрестина, С. М. Шандаров - 2018. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7915.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 63756

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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. 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.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКИП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";

Согласована на портале № 63756

- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. 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.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

8.5. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)

Согласована на портале № 63756

1 Введение	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Общие вопросы нелинейной оптики	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Вынужденное рассеяние света	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Согласована на портале № 63756

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 63756

1. Какая из компонент тензора нелинейной восприимчивости для ниобата лития наибольшая?
   а) d15
   б) d22
   в) d31
   г) d33
2. Каковы условия синхронизма для генерации волны суммарной частоты в нелинейной среде?
   а) $\omega 3 > 2\omega 1$; $k3 < 2k1$
   б) $\omega 3 = \omega 1 - \omega 2$; $k3 = k1 - k2$
   в) $\omega 3 = 2\omega 1$; $k3 = 2k1$
   г) $\omega 3 = \omega 1 + \omega 2$; $k3 = k1 + k2$
3. В средах с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?
   а) в однородных линейных средах
   б) в средах с кубичной нелинейностью
   в) в средах с квадратичной нелинейностью
   г) в неоднородных линейных средах
4. Чему соответствует решение нелинейного уравнения Шредингера для среды с самофокусирущим типом нелнейности?
   а) временному солитону
   б) тёмному солитону
   в) светлому солитону
   г) гауссовому пучку
5. Какое уравнение определяет существование солитона и описывает его поведение?
   а) уравнение Кортевего-Де-Вриза
   б) уравнение Максвелла
   в) уравнение Ньютона-Лейбница
   г) уравнение Фарадея
6. Как обнаруживаются нелинейно-оптические эффекты?
   а) по влиянию интенсивности светового поля на характер оптических явлений
   б) по влиянию длины волны света на показатель преломления оптических материалов
   в) по влиянию поляризации света на оптическое поглощение в оптических материалах
   г) по влиянию степени монохроматичности света на контраст интерференционной картины
7. Какие свойства характерны для самофокусирующей среды?
   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
8. Как увеличивается мощность второй гармоники при соблюдении условий фазового синхронизма и при малой эффективности преобразования?
   а) прямо пропорционально квадрату длины взаимодействия
   б) обратно пропорционально квадрату длины взаимодействия
   в) прямо пропорционально длине взаимодействия
   г) обратно пропорционально длине взаимодействия
9. Какие свойства характерны для самодефокусирующей среды?
   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. Какое поведение для второй гармоники характерно на расстоянии длины когерентности?

Согласована на портале № 63756

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. Что происходит 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
12. Какое должно быть значение показателя преломления волноводного слоя в планарном волноводе?
а) показатель волноводного слоя не должен превышать показатели преломления как для подложки, так и для покровной среды
б) показатель волноводного слоя должен быть равным показателю преломления покровной среды и превышать показатель преломления подложки
в) показатель волноводного слоя должен быть равным показателю преломления подложки и превышать показатель преломления покровной среды
г) показатель волноводного слоя должен превышать показатели преломления подложки и покровной среды

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

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

9.1.3. Темы практических заданий

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

Согласована на портале № 63756

5. Пространственные оптические солитоны

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 1. Исследование кривых углового синхронизма
2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Часть 2. Исследование кривых температурного синхронизма
3. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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

Согласована на портале № 63756

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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.

Согласована на портале № 63756

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 81 от «12» 11 2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ЭП	М.В. Бородин	Разработано, 4bab9e2d-1d70-4531-8ac1-b921b013421a

Согласована на портале № 63756