

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
«23» 12 2020 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 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	96	96	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 63757

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) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.2.ДВ.2.1.

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		

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.

Профessionальные компетенции

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 объема 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 4 зачетных единиц, 144 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	96	96
Подготовка к зачету	33	33
Подготовка к тестированию	19	19
Выполнение практического задания	23	23
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	21	21
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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

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	-	-	5	6	ОПК-1, ПКР-1
2 Общие вопросы нелинейной оптики	3	4	-	15	22	ОПК-1, ПКР-1
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	4	6	8	31	49	ОПК-1, ПКР-1
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	2	2	-	8	12	ОПК-1, ПКР-1
5 Вынужденное рассеяние света	2	-	-	5	7	ОПК-1, ПКР-1
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	2	-	-	5	7	ОПК-1, ПКР-1
7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	2	6	4	22	34	ОПК-1, ПКР-1
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	2	-	-	5	7	ОПК-1, ПКР-1
Итого за семестр	18	18	12	96	144	
Итого	18	18	12	96	144	

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	

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 в оптических 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 фотопрефрактивных кристаллах и их взаимодействие.	2	ОПК-1, ПКР-1
	Итого	2	
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Динамическая голограмма 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.

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	

	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	3	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	5		
2 Общие вопросы нелинейной оптики	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	3	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	6	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Итого	15		
3 Преобразование частоты лазерного излучения при взаимодействии волн в однородных нелинейных средах	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	3	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	8	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	14	ОПК-1, ПКР-1	Лабораторная работа
	Итого	31		
4 Преобразование частоты при квазисинхронном взаимодействии	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	3	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Итого	8		
5 Вынужденное рассеяние света	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	5		
6 Нелинейные явления в оптических волноводах	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	5		

7 Самофокусировка и самодефокусировка световых пучков	Подготовка к зачету	6	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	3	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Выполнение практического задания	6	ОПК-1, ПКР-1	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	7	ОПК-1, ПКР-1	Лабораторная работа
	Итого	22		
8 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-1	Тестирование
	Итого	5		
Итого за семестр		96		
Итого		96		

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

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	E (посредственно)
	60 – 64	
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

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";

- 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 комфорtnого 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)
------------------------------------	-------------------------	----------------	--------------------------

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

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

1. Какая из компонент тензора нелинейной восприимчивости для ниобата лития наибольшая?
 - a) d15
 - б) d22
 - в) d31
 - г) d33
2. Каковы условия синхронизма для генерации волны суммарной частоты в нелинейной среде?
 - а) $\omega_3 > 2\omega_1$; $k_3 < 2k_1$
 - б) $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$; $k_3 = k_1 - k_2$
 - в) $\omega_3 = 2\omega_1$; $k_3 = 2k_1$
 - г) $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$; $k_3 = k_1 + k_2$
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 самофокусирующими типом нелинейности?
 - 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?

- 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-Брэдлюэна
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 фотопрефрактивных кристаллах и их взаимодействие
23. Динамическая голограмма 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.

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

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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5- a537-c5831244e4ca
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	Н.И. Буримов	Согласовано, 393931b1-af66-45e5- a537-c5831244e4ca
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
--------------------------------	--------------	--