**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 УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# КОГЕРЕНТНАЯ ОПТИКА И ГОЛОГРАФИЯ

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 2024 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 (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 79675

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у бакалавров понимания теоретических и физических основ современной когерентной оптики и голографии для последующего использования этих знаний при разработке, эксплуатации, исследовании физических свойств и определении технических характеристик элементов и устройств когерентной оптики и голографии.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Развитие у студентов навыков проведения научных экспериментов с применением элементов и устройств когерентной оптики и голографии.
2. Сформировать навыки 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.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** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 79675

| | | |
|---|---|---|
| ПК-1. Способен строить физические и математические модели и реализовать методики экспериментального измерения характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики и комплексов на их основе | ПК-1.1. Знает основные физические и математические модели элементов и узлов фотоники и оптоинформатики | Знает базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, в том числе в основных элементах фотоники. |
| | ПК-1.2. Умеет проводить исследования характеристик элементов и узлов фотоники и оптоинформатики | Умеет подбирать средства проведения измерений, контроля и диагностики с учётом особенностей исследуемого узла и возможных диапазонов изменения параметров. |
| | ПК-1.3. Владеет современными методами расчета и проектирования устройств фотоники и оптоинформатики | Владеет способностью использовать базовые закономерности и соотношения, описывающие распространение и взаимодействие электромагнитных волн в различных условиях, а также математический аппарат фотоники для анализа, описания и проектирования приборов и устройств фотоники. |

## 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 | 32 | 32 |
| Подготовка к тестированию | 10 | 10 |
| Выполнение практического задания | 42 | 42 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12 | 12 |
| **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 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Согласована на портале № 79675

| 7 семестр | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Введение | 1 | - | - | 4 | 5 | ПК-1 |
| 2 Оптический сигнал и его преобразование | 3 | 6 | - | 18 | 27 | ПК-1 |
| 3 Пространственная и временная когерентность лазерного излучения | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-1 |
| 4 Корреляционные функции и когерентность | 2 | - | - | 5 | 7 | ПК-1 |
| 5 Оптика спеклов | 2 | - | - | 5 | 7 | ПК-1 |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | 2 | 4 | 8 | 22 | 36 | ПК-1 |
| 7 Самофокусировка световых пучков | 2 | 4 | - | 18 | 24 | ПК-1 |
| 8 Динамическая голография | 2 | 4 | 4 | 16 | 26 | ПК-1 |
| 9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | 2 | - | - | 4 | 6 | ПК-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 когерентной и оптики и голографии. | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Оптический сигнал и его преобразование | Преобразование Фурье. Преобразование Френеля. Преобразование Дирака. Преобразование Гильберта. Преобразование отсчетов. Интегральная операция свертки. Функция корреляции. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |

Согласована на портале № 79675

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Пространственная и временная когерентность лазерного излучения | Монохроматичность лазерных пучков. Функция когерентности, степень пространственной и временной когерентности. Измерение характеристик пространственной и временной когерентности, соотношение между временной когерентностью и монохроматичностью. Нестационарные пучки. Пространственная и временная когерентность одномодовых и многомодовых лазеров. Лазерная спекл-картина. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Корреляционные функции и когерентность | Распространение взаимной когерентности. Распространение световых волн, функция взаимной когерентности. Предельные формы взаимной когерентности. Когерентное поле, некогерентное поле. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Значение теоремы и следствия из нее. Дифракция частично когерентного излучения. Распределение интенсивности в области наблюдения. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Оптика спеклов | Понятие «спекл». Спекл-картина объективная и субъективная, основные свойства и условия формирования. Нормально развитая спекл-структура, условия ее наблюдения, контраст, индивидуальный спекл. Интерференция в диффузном свете. Опыт Берча-Токарского. Спекл-интерферометрия. Способы устранения спекл-структуры. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | Макроскопическая нелинейная оптика. Поляризация и восприимчивость вещества. Плотность потока электромагнитной энергии. Энергия поля в среде. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Самофокусировка световых пучков | Уравнение для слабоизменяющихся пучков в слабонеоднородных средах. Неустойчивость неограниченной плоской волны. Самофокусировка и дефокусировка гауссовых пучков. Тепловая самофокусировка. Дефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 79675

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Динамическая голография | Основные понятия. Простейшая схема динамической голографии. Динамическая голография нестационарных волн. Процессы, лежащие в основе динамической голографии. Регистрирующие среды. Практическое применение. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | Обращение волнового фронта. Способы обращения волнового фронта и применения. Оптическая бистабильность. Нелинейный интерферометр Фабри-Перо. Нелинейные явления в волокне. Нелинейные явления в плазме. | 2 | ПК-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 Оптический сигнал и его преобразование | Преобразование Фурье. Преобразование Френеля. Преобразование Дирака. Преобразование Гильберта. Преобразование отсчетов. Интегральная операция свертки. Функция корреляции. | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | Макроскопическая нелинейная оптика. Поляризация и восприимчивость вещества. Плотность потока электромагнитной энергии. Энергия поля в среде. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Самофокусировка световых пучков | Уравнение для слабоизменяющихся пучков в слабонеоднородных средах. Неустойчивость неограниченной плоской волны. Самофокусировка и дефокусировка гауссовых пучков. Тепловая самофокусировка. Дефокусировка световых пучков. Фазовая самомодуляция и компрессия световых импульсов. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 79675

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Динамическая голография | Основные понятия. Простейшая схема динамической голографии. Динамическая голография нестационарных волн. Процессы, лежащие в основе динамической голографии. Регистрирующие среды. Практическое применение. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 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** | | | |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Исследование углового синхронизма. | 4 | ПК-1 |
| | Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Исследование температурного синхронизма. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 8 Динамическая голография | Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления | 4 | ПК-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 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |

Согласована на портале № 79675

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Оптический сигнал и его преобразование | Подготовка к зачету | 6 | ПК-1 | Зачёт |
| | Выполнение практического задания | 10 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 18 | | |
| 3 Пространственная и временная когерентность лазерного излучения | Подготовка к зачету | 3 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Корреляционные функции и когерентность | Подготовка к зачету | 4 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 5 | | |
| 5 Оптика спеклов | Подготовка к зачету | 4 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 5 | | |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | Подготовка к зачету | 3 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Выполнение практического задания | 10 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 22 | | |
| 7 Самофокусировка световых пучков | Подготовка к зачету | 3 | ПК-1 | Зачёт |
| | Выполнение практического задания | 14 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 18 | | |
| 8 Динамическая голография | Подготовка к зачету | 3 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 8 | ПК-1 | Практическое задание |
| | Итого | 16 | | |
| 9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | Подготовка к зачету | 3 | ПК-1 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 96 | | |
| Итого | | 96 | | |

Согласована на портале № 79675

### 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. | |
| ПК-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 | 15 | 10 | 10 | 35 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 20 | 25 | 55 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 45 | 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) |

Согласована на портале № 79675

| | | |
|---|---|---|
| 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.
2. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / В. М. Шандаров, А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, Н. И. Буримов - 2012. 244 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1553.

### 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. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 2001. – 574 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 145 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Когерентная оптика и голография: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / М. В. Бородин, С. М. Шандаров - 2017. 25 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6915.
2. 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.
3. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления: Методические указания к лабораторным работам / С. С. Шмаков, С. М. Шандаров - 2012. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1501.

#### 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,

Согласована на портале № 79675

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, 209 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;

Согласована на портале № 79675

- 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) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Оптический сигнал и его преобразование | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Пространственная и временная когерентность лазерного излучения | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Корреляционные функции и когерентность | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 79675

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Оптика спеклов | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Уравнения Максвелла в нелинейной среде | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Самофокусировка световых пучков | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Динамическая голография | ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 9 Обращение волнового фронта и другие нелинейные явления | ПК-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 |

Согласована на портале № 79675

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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<br>или<br>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. Какой оптический элемент используется для выполнения преобразования Фурье?
   а) Призма
   б) Зеркало
   в) Собирающая линза
   г) Четвертьволновая пластинка
2. Каким образом выполнить пространственную оптическую фильтрацию в когерентной оптической системе, состоящей из двух линз?
   а) Подбором положительных линз
   б) Установкой в спектральную плоскость пространственного фильтра с соответствующей функцией пропускания
   в) Изменением расстояния между положительными линзами, использованными в системе
   г) Изменением длины волны светового пучка когерентного источника света, используемого в системе
3. Каким образом подавить постоянную составляющую в когерентной оптической системе?
   а) Поместить в спектральную плоскость в точку с координатами wx1 = wy1 = 0

Согласована на портале № 79675

непрозрачный экран
б) Поместить в спектральную плоскость гребенчатый фильтр
в) Поместить в спектральную плоскость фильтр с прямоугольным отверстием размерами a x b
г) Поместить в спектральную плоскость фильтр с прямоугольным непрозрачным экраном размерами a x b

4. Какой фильтр может быть использован для выполнения операции дифференцирования?
а) Экран, прозрачность которого увеличивается от центра к краям и полуволновая фазовая пластинка, расположенная в области положительных частот
б) Экран, прозрачность которого уменьшается от центра к краям и полуволновая фазовая пластинка, расположенная в области отрицательных частот
в) Экран, прозрачность которого увеличивается от центра к краям и полуволновая фазовая пластинка, расположенная в области отрицательных частот
г) Экран, прозрачность которого уменьшается от центра к краям и полуволновая фазовая пластинка, расположенная в области положительных частот
5. Что меняется в фотохромных материалах при облучении светом?
а) Спектр поглощения
б) Показатель преломления
в) Толщина фотохромного материала
г) Структура материала
6. На чем основан принцип действия акустооптического модулятора света?
а) На явлении дифракции света на ультразвуковых колебаниях
б) На явлении самодифракции света в материале акустооптического модулятора света
в) На явлении интерференции света при пропускании ультразвуковых колебаний через акустооптический модулятор света
г) На явлении дифракции света на голограмме
7. Что называют аномальной дифракцией Брэгга?
а) Дифракция, при которой дифракционная картина содержит набор дифракционных максимумов
б) Изотропная дифракция Брэгга
в) Дифракция, при которой падающая и дифрагированная волны имеют разные типы
г) Коллинеарная дифракция
8. Какие голограммы называют амплитудными?
а) Голограмма при прохождении световой волны через которую амплитуда этой волны не изменяется
б) Голограмма, полученная в регистрирующей среде, в которой под воздействием интерференционного поля произошли изменения показателя преломления или толщины материала
в) Голограмма, полученная в регистрирующей среде, в которой под воздействием интерференционного поля произошли изменения коэффициента поглощения
г) Любая зарегистрированная где-либо интерференционная картина
9. Что такое дифракционная эффективность голограммы
а) Отношение интенсивности восстановленной в процессе дифракции предметной волны к интенсивности падающей на голограмму опорной волны
б) Отношение интенсивности падающей на голограмму опорной волны к интенсивности восстановленной в процессе дифракции предметной волны
в) Сумма интенсивностей падающей на голограмму опорной волны и восстановленной в процессе дифракции предметной волны
г) Разность между интенсивностями падающей на голограмму опорной волны и восстановленной в процессе дифракции предметной волны
10. Какие голограммы называют пропускающими?
а) Голограмма, сформированная световыми волнами знаки проекции волновых векторов, которых одинаковы
б) Любая амплитудная голограмма называется пропускающей
в) Голограмма, сформированная световыми волнами знаки проекции волновых векторов, которых противоположны
г) Только фазовые голограммы являются пропускающими

Согласована на портале № 79675

11. Какие голограммы называются отражательными?
    а) Любые амплитудные и фазовые голограммы
    б) Голограмма, сформированная световыми волнами знаки проекции волновых векторов, которых одинаковы
    в) Только фазовые голограммы
    г) Голограмма, сформированная световыми волнами знаки проекции волновых векторов, которых противоположны
12. Что называют спеклом?
    а) Случайную интерференционную картину
    б) Луч, отраженный от шероховатой поверхности
    в) Волна со случайными сдвигами фаз и/или случайным набором интенсивностей
    г) Интерференционную картину нерегулярных волновых фронтов, образующуюся при падении когерентного излучения на сильно шероховатую поверхность
13. Что такое индивидуальный спекл?
    а) Расстояние между областями с максимальной и минимальной интенсивностями
    б) Случайная интерференционная картина
    в) Волна со случайными сдвигами фаз и/или случайным набором интенсивностей
    г) Интерференционная картина нерегулярных волновых фронтов
14. Что называется интервалом пространственной когерентности?
    а) Расстояние между двумя точками колебания, при котором определена степень частичной когерентности
    б) Максимальное расстояние между двумя точками колебания, при котором колебание считается полностью когерентным
    в) Минимальное расстояние между двумя точками колебания, при котором колебание уже считается некогерентным
    г) Максимальное расстояние между двумя точками колебания, при котором колебание считается ещё когерентным
15. В чём отличие спеклов Френеля от спеклов Фраунгофера?
    а) Спеклы Френеля наблюдаются в дальней зоне дифракции, а спеклы Фраунгофера наблюдаются в ближней зоне дифракции
    б) Спеклы Френеля наблюдаются в ближней зоне дифракции, а спеклы Фраунгофера наблюдаются в дальней зоне дифракции
    в) Отличий нет, это случайные интерференционные картины
    г) Только индивидуальным спеклом
16. Что такое когерентность?
    а) Свойство электромагнитной волны, характеризующее корреляцию между флуктуациями поля в любой пространственно-временной точке потока электромагнитного излучения
    б) Характеристика корреляции световых колебаний в одной точке пространства в различные моменты времени
    в) Расстояние между точками поля, для которого степень пространственной когерентности уменьшаются в заданное число раз
    г) Свойство лазера генерировать непрерывное излучение

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Запишите математическое выражение для прямого Фурье-преобразования. В каких случаях оно применяется?
2. Запишите математическое выражение для преобразования Френеля. В каких случаях оно применяется?
3. Как можно описать математически квазимонохроматическую волну?
4. Запишите математическое выражение для взаимной функции когерентности; поясните все обозначения.
5. Запишите математическое выражение для комплексной степени когерентности квазимонохроматической волны. Поясните все обозначения и ограничения, накладываемые на скорости изменения используемых параметров.
6. Как соотносятся друг с другом временная когерентность и монохроматичность? Каковы определения для понятий «время когерентности» и «длина когерентности»?

Согласована на портале № 79675

7. В каком режиме функционирования лазера он может в принципе обладать полной временной и пространственной когерентностью?
8. Когда волновое поле можно назвать полностью когерентным?
9. Что описывает теорема Ван Циттерта — Цернике? Как она формулируется?
10. Что называется интервалом пространственной когерентности?
11. Чем определяется распределение интенсивности в дифракционной картине?
12. Что такое спеклы?
13. Как меняется субъективная спекл-картина, полученная при засвечивании диффузного объекта лазером, при смещении, повороте?
14. В чём отличие спеклов Френеля от спеклов Фраунгофера?
15. Каковы условия получения нормально развитой спекл-картины?
16. Какие методы устранения спеклов вам известны? Какими способами они реализуются?
17. Как найти нелинейную электрическую поляризацию среды при воздействии на неё двух монохроматических полей с различными частотами? На каких частотах она будет проявляться при учете нелинейных явлений второго порядка?
18. Запишите математическое выражение для нелинейной электрической поляризации в среде с квадратичной нелинейностью, при взаимодействии в ней двух плоских монохроматических волн с одинаковыми частотами. Поясните все обозначения.
19. Запишите волновое уравнение для среды с учетом наводимой в ней световыми волнами нелинейной электрической поляризации. Поясните все обозначения.
20. Запишите (1+1)-мерное нелинейное уравнение Шрёдингера, описывающее светлые пространственные солитоны.
21. Опишите подход, позволяющий получить решение (1+1)-мерного нелинейного уравнения Шрёдингера в виде светлого пространственного солитона.
22. Как связана требуемая пиковая интенсивность светлого (1+1)- мерного пространственного солитона с его шириной? Дайте физическую трактовку наблюдаемой связи.
23. В каком случае двухволновое взаимодействие на динамической голограмме приводит к изменению фаз волн без изменения интенсивностей?
24. Какие физические процессы лежат в основе динамической голографии?
25. Какие материалы используются в качестве регистрирующих сред в динамической голографии?
26. Чем явление обращения волнового фронта светового пучка отличается от его обычного отражения?
27. Нарисуйте схему взаимодействия пучков на динамической голограмме, используемой для обращения волнового фронта световых пучков.
28. Какие условия необходимы для реализации бистабильности в оптической системе?

### 9.1.3. Темы практических заданий

1. Преобразование Фурье. Преобразование Френеля. Преобразование Дирака. Преобразование Гильберта. Преобразование отсчетов. Интегральная операция свертки. Функция корреляции.
2. Пространственная фильтрация оптических сигналов
3. Макроскопическая нелинейная оптика. Поляризация и восприимчивость вещества. Плотность потока электромагнитной энергии. Энергия поля в среде.
4. Уравнения Максвелла в нелинейной среде. Генерация суммарных и разностный частот. Параметрическое взаимодействие.
5. Уравнение для слабоизменяющихся пучков в слабонеоднородных средах. Самофокусировка и дефокусировка гауссовых пучков.
6. Пространственные солитоны
7. Динамическая голография. Основные понятия. Простейшая схема динамической голографии.
8. Процессы, лежащие в основе динамической голографии. Регистрирующие среды.

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Исследование углового синхронизма.

Согласована на портале № 79675

2. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники лазерного излучения в одноосных кристаллах. Исследование температурного синхронизма.
3. Определение эффективного коэффициента двухпучкового усиления

### 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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 |

Согласована на портале № 79675

### 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 № 79675

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 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 | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**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 № 79675