**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

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Интегральная фотоника и оптоэлектроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **Передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 72 | 72 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 2 |

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 № 78807

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка студентов в области физических принципов функционирования современных оптических, оптоэлектронных и нелинейно-оптических элементов и устройств.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных положений физической и квантовой оптики.
2. Изучение эффектов взаимодействия излучения с веществом.
3. Изучение основных принципов построения приборов и систем оптической обработки информации.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.05.
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 № 78807

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает терминологию в области фотоники и оптоинформатики. | Знает основные принципы описания световых полей на квантовом уровне |
| | ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | Умеет прогнозировать результаты экспериментов в области квантовой оптики и оценивать параметры квантовых состояний света, необходимые для их применения в задачах интегральной фотоники и оптоэлектроники |
| | ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий) | Владеет методами описания, приготовления, преобразования и измерения квантовых состояний света, а также навыками применения квантовых состояний света в задачах интегральной фотоники и оптоэлектроники |

## 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 |
|---|---|---|
| | | 2 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 72 | 72 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 36 | 36 |
| Подготовка к тестированию | 36 | 36 |
| **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 таблице 5.1.

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|

Согласована на портале № 78807

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | | |
| 1 Основные положения физической оптики | 4 | 3 | 16 | 23 | ПК-2 |
| 2 Оптика ограниченных световых пучков | 2 | 6 | 8 | 16 | ПК-2 |
| 3 Основные положения квантовой физики и квантовой оптики | 2 | - | 8 | 10 | ПК-2 |
| 4 Принципы построения лазеров и области их применения | 2 | - | 8 | 10 | ПК-2 |
| 5 Распространение световых волн в материальных средах | 2 | 3 | 8 | 13 | ПК-2 |
| 6 Взаимодействия света с физическими полями | 4 | 3 | 16 | 23 | ПК-2 |
| 7 Элементы нелинейной оптики | 2 | 3 | 8 | 13 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 72 | 108 | |
| Итого | 18 | 18 | 72 | 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 |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 1 Основные положения физической оптики | Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Материальные уравнения. Уравнения граничных условий. Волновое уравнение. Поляризация света. Поляризационные элементы. Отражение света от плоской границы. Полное внутреннее отражение света. Когерентность света, понятия пространственной и временной когерентности. Интерференция и дифракция. Дифракция света на периодических структурах. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Оптика ограниченных световых пучков | Понятие углового спектра плоских волн. Параболическое уравнение теории дифракции. Гауссов световой пучок. Преобразование Фурье и фильтрация регулярных волновых полей в оптических системах. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 78807

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Основные положения квантовой физики и квантовой оптики | Постоянная Планка. Корпускулярно – волновой дуализм. Вероятностная трактовка волн де Бройля. Соотношения неопределенностей. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Взаимодействие излучения с атомными системами. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Механизмы уширения спектральных линий. Усиление света в средах с инверсией населенностей. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Принципы построения лазеров и области их применения | Открытые резонаторы. Резонатор Фабри - Перо. Аксиальные и поперечные моды. Добротность и число возбуждаемых мод. Типы колебаний в открытом резонаторе. Газовые лазеры. Общая характеристика. Особенности конструкции газовых лазеров. Лазеры на ионных кристаллах и стеклах. Современные твердотельные лазеры. Волоконные лазеры. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Распространение световых волн в материальных средах | Распространение света в направляющих структурах. Планарные и канальные оптические волноводы. Материалы и элементы интегральной оптики. Связанные оптические волноводы. Распространение световых волн в периодических структурах. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Взаимодействия света с физическими полями | Феноменологическая теория электрооптического эффекта. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты. Электрооптические модуляторы. Акустооптический эффект. Дифракция света на акустических волнах. Режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Акустооптические модуляторы и дефлекторы. Фоторефрактивный эффект. Механизмы транспорта носителей зарядов. Фоторефрактивные материалы. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Элементы нелинейной оптики | Поляризация диэлектрика в электрическом поле. Среды с квадратичной и кубичной оптической нелинейностью. Уравнение нелинейных волн. Нелинейно - оптические материалы. Генерация второй гармоники. Самовоздействие световых пучков в нелинейной среде. Временные и пространственные оптические солитоны. Другие нелинейно-оптические эффекты. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 78807

| | | |
|---|---|---|
| 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 |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 1 Основные положения физической оптики | Плоские световые волны. Поляризация плоских световых волн. Интерференция и дифракция света. | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 2 Оптика ограниченных световых пучков | Дифракция света на щели и периодических структурах. Ограниченные световые пучки. Преобразование Фурье в оптических системах. | 3 | ПК-2 |
| | Гауссовы световые пучки | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Распространение световых волн в материальных средах | Распространение света в направляющих структурах. Дисперсионное уравнение планарных оптических волноводов. Расчет коэффициентов связи в системах связанных оптических волноводов | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 6 Взаимодействия света с физическими полями | Взаимодействия света с физическими полями. Характеристики электрооптического и акустооптического эффектов, электрооптические и акустооптические модуляторы | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| 7 Элементы нелинейной оптики | Фоторефрактивный эффект. Временные характеристики формирования и релаксации фоторефрактивных решеток. Семинар. | 3 | ПК-2 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в

Согласована на портале № 78807

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 |
|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | |
| 1 Основные положения физической оптики | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 8 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 16 | | |
| 2 Оптика ограниченных световых пучков | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 3 Основные положения квантовой физики и квантовой оптики | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 4 Принципы построения лазеров и области их применения | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 5 Распространение световых волн в материальных средах | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 6 Взаимодействия света с физическими полями | Подготовка к зачету с оценкой | 8 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 8 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 16 | | |
| 7 Элементы нелинейной оптики | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| Итого за семестр | | 72 | | |
| Итого | | 72 | | |

### 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

Согласована на портале № 78807

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | + | Зачёт с оценкой, 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 |
|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 0 | 0 | 40 | 40 |
| Тестирование | 10 | 20 | 30 | 60 |
| Итого максимум за период | 10 | 20 | 70 | 100 |
| Нарастающим итогом | 10 | 30 | 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 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

Согласована на портале № 78807

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 12.04.03 «Фотоника и оптоинформатика» / А. С. Перин, В. М. Шандаров - 2018. 195 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10352.

### 7.2. Дополнительная литература

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

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы физической и квантовой оптики: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе / А. С. Перин, В. М. Шандаров - 2018. 57 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10358.

#### 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

Учебно-научная лаборатория микроэлектроники и фотоники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок 2 14 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Согласована на портале № 78807

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. 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;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.4. 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 № 78807

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Основные положения физической оптики | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Оптика ограниченных световых пучков | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Основные положения квантовой физики и квантовой оптики | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Принципы построения лазеров и области их применения | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Распространение световых волн в материальных средах | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Взаимодействия света с физическими полями | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Элементы нелинейной оптики | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | 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 № 78807

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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. Какие частицы переносят оптическую энергию?
   а) фотоны
   б) фононы
   в) электроны
   г) частицы оптическую энергию не переносят
2. Поляризованной называется световая волна…
   а) с векторами Е и Н, направление которых может быть однозначно определено в любой момент времени.
   б) с векторами Е и Н, направление которых может быть однозначно определено в определенный момент времени.
   в) вектор Е которой расположен вдоль оси X
   г) вектор Е которой расположен вдоль оси Y
3. Поляризация световой волны делится на типы:
   а) линейная, сферическая, круговая
   б) плоская, выпуклая

Согласована на портале № 78807

в) линейная, эллиптическая, круговая
г) линейная, тангенсальная

4. Плоскость поляризации – это плоскость…
   а) проходящая через вектор E и вектор H
   б) походящая через вектор E и вектор k
   в) проходящая через вектор E и границу раздела двух сред
   г) проходящая через вектор E и вектор k
5. Принцип Гюйгенса: каждая точка волнового фронта -
   а) источник вторичных плоских волн
   б) источник вторичных сферических волн
   в) является источником волн с измененной частотой
   г) не является источником волн
6. Как изменится частота света при переходе из вакуума в прозрачную среду с показателем преломления n=2?
   а) Увеличится в 4 раза
   б) Увеличится в 2 раза
   в) Уменьшится в 2 раза
   г) Не изменится
7. Электрооптический эффект – это эффект…
   а) изменения показателя преломления среды под действием постоянного или переменного электрического поля
   б) изменения показателя преломления среды под действием постоянного электрического поля
   в) изменения кристаллической структуры материала под действием постоянного электрического поля
   г) изменения коэффициента поглощения материала под действием под действием постоянного или переменного электрического поля
8. Правило частот Бора можно записать в виде…
   а) $h\omega = En - Em$
   б) $h\omega = En + Em$
   в) $h\omega = En \setminus Em$
   г) $h\omega = En * Em$
9. Анизотропной средой называют такую среду…
   а) в которой наблюдается различие свойств среды в зависимости от выбранного направления
   б) в которой нет различия свойств среды в зависимости от выбранного направления
   в) в которой значения $\varepsilon$ и $\mu$ одинаковы
   г) в которой значения $\varepsilon$ и $\mu$ имеют отношение 1/2
10. Что связывает параметр диэлектрической восприимчивости среды $\chi$ ?
    а) диэлектрическую проницаемость среды с напряженностью поля
    б) поляризацию среды с напряженностью поля
    в) фазу волны с напряженностью поля
    г) амплитуду волны с напряженностью поля
11. Угол Брюстера – это угол, при котором…
    а) прошедший луч отсутствует
    б) отраженный луч неполяризован
    в) отраженный луч полностью поляризован
    г) угол отражения больше угла падения
12. Закон Снеллиуса описывает…
    а) отражение света на границе раздела двух сред
    б) преломление света на границе раздела двух сред
    в) поляризацию света на границе раздела двух сред
    г) поглощение света на границе раздела двух сред
13. Закон Малюса — физический закон, выражающий зависимость…
    а) отражение света на границе раздела двух сред
    б) преломление света на границе раздела двух сред
    в) поглощения света в поляризаторе

Согласована на портале № 78807

г) интенсивности линейно-поляризованного света после его прохождения через поляризатор от угла между плоскостями поляризации падающего света и поляризатора

14. Является ли тепловая диффузия носителей заряда одним из механизмов пространственного перераспределения носителей заряда
    а) да
    б) нет
    в) Только в металлах
    г) Только в жидкостях
15. Фоторефрактивный эффект – это эффект …
    а) изменения показателя преломления под действием света
    б) изменения коэффициента отражения под действием света
    в) изменения показателя преломления среды под действием постоянного электрического поля
    г) ничего из перечисленного
16. В средах, с каким типом нелинейности возможна генерация второй гармоники?
    а) только в линейных средах
    б) в средах с кубичной нелинейностью
    в) в средах с квадратичной нелинейностью
    г) нет правильного ответа
17. Проявление фоторефрактивного эффекта происходит, если в рассматриваемой среде развиваются следующие элементарные процессы…
    а) фотовозбуждение свободных носителей электрического заряда
    б) пространственное перераспределение носителей заряда
    в) модуляция показателя преломления среды
    г) все ответы верны
18. Дифракционная эффективность фоторефрактивных решеток определяется с помощью …
    а) Формулы Когельника
    б) Формулы Эйнштейна
    в) Формулы Фраунгофера
    г) Формулы Коперника
19. Акустооптический эффект – это явление взаимодействия …
    а) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в неупругой среде
    б) световых волн с акустическими возмущениями, распространяющимися в упругой среде
    в) акустических волн с световыми возмущениями, распространяющимися в упругой среде
    г) акустических волн с световыми возмущениями, распространяющимися в неупругой среде
20. Керровскими средами называют среды…
    а) линейные
    б) с кубичной нелинейностью
    в) с квадратичной нелинейностью
    г) нет правильного ответа

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

ТЕМА: Основные положения физической оптики.

1. Материальность электромагнитного поля.
2. Векторы, характеризующие электромагнитное поле.
3. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
4. Теоремы векторного анализа для связи характеристик скалярных и векторных полей.
5. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
6. Материальные уравнения.
7. Граничные условия для нормальных составляющих электрического поля.
8. 8.Граничные условия для нормальных составляющих магнитного поля.
9. Граничные условия для тангенциальных составляющих электрического поля.
10. Граничные условия для тангенциальных составляющих магнитного поля.
11. Волновое уравнение для электрического и магнитного векторов.
12. Плоские волны как простейшее решение волнового уравнения.

Согласована на портале № 78807

13. Символическая форма записи для поля плоских волн.
14. Распространение плоской волны в произвольном направлении.
15. Поперечная структура поля плоских волн.
16. Поляризация света. Неполяризованный свет. Частично поляризованный свет.
17. Линейная, круговая, эллиптическая поляризация.
18. Поляризационные элементы. Дихроизм и оптическая анизотропия.
19. Поляризационные призмы.
20. Фазовые пластинки.
    ТЕМА: Оптика ограниченных световых пучков
21. Понятие углового спектра плоских волн.
22. Приближенное решение дифракционных задач на основе углового спектра плоских волн.
23. Параболическое уравнение.
24. Гауссов световой пучок. Основные свойства, поле гауссова пучка.
25. Высшие гауссовы моды.
26. Суть и достоинства методов оптической обработки информации.
27. Преобразование Фурье в оптической системе.
28. Пространственная фильтрация в оптических системах.
    ТЕМА: Основные положения квантовой физики и квантовой оптики
29. Постоянная Планка и постулаты Бора как основные положения, послужившие толчком для развития квантовых представлений.
30. Волны де Бройля, их вероятностная трактовка. Корпускулярно - волновой дуализм.
31. Соотношения неопределенностей.
32. Операторы и физические величины в квантовой механике. Понятие самосопряженного оператора.
33. Собственные функции и собственные значения операторов. Примеры дискретного и непрерывного спектров.
34. Гармонический осциллятор.
35. Уравнение Шредингера.
36. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнщтейна и соотношение между ними.
37. Энергетические уровни свободных молекул.
38. Взаимодействие электромагнитной волны с двухуровневой квантовой системой. Кинетические уравнения для двухуровневой квантовой системы.
39. Тема: Принципы построения лазеров и области их применения
40. Понятие отрицательной температуры в квантовых системах.
41. Естественная ширина спектральной линии. Уширение спектральной линии за счет столкновений.
42. Допплеровское уширение спектральной линии. Понятие однородного и неоднородного уширения.
43. Способы получения инверсии населенности в двухуровневых квантовых системах.
44. Получение инверсии населенностей в двухуровневой квантовой системе путем пространственного разделения частиц с разным энергетическим состоянием.
45. Многоуровневые схемы для достижения инверсии населенности.
    ТЕМА: Распространение световых волн в материальных средах
46. Планарный оптический волновод.
47. Моды планарного волновода.
48. Волновое уравнение для ТЕ- мод.
49. Решение для полей планарного волновода.
50. Дисперсионное уравнение планарного волновода.
51. Материалы интегральной оптики.
52. Связанные оптические волноводы.
53. Распространение световых волн в периодических структурах.
54. ТЕМА: Взаимодействия света с физическими полями
55. Электрооптический эффект. Феноменологическое описание.
56. «Поперечный» электрооптический модулятор.
57. Акустооптический эффект. Феноменологическая теория.
58. Режимы дифракции света на акустических волнах. Дифракция Рамана-Ната и дифракция

Согласована на портале № 78807

Брэгга.

59. Акустооптический модулятор.
60. Фоторефрактивный эффект. Механизмы пространственного разделения носителей заряда.
61. Кинетика записи и релаксации элементарных голограмм в материале с фотовольтаическим механизмом транспорта носителей заряда.

ТЕМА: Элементы нелинейной оптики

62. Понятие нелинейно – оптической среды и величина интенсивности светового поля, необходимая для проявления нелинейно - оптических свойств среды.
63. Выражение для диэлектрической проницаемости среды с квадратичной нелинейностью и возможные нелинейно – оптические эффекты в такой среде.
64. Выражение для диэлектрической проницаемости среды с кубичной нелинейностью и возможные нелинейно – оптические эффекты в такой среде.
65. Пространственное самовоздействие световых пучков в среде с кубичной нелинейностью. Пространственные оптические солитоны.

### 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 |

Согласована на портале № 78807

| | | |
|---|---|---|
| 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.

Согласована на портале № 78807

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «18» 11 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ | А.Г. Лощилов | Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.Г. Лощилов | Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | Ю.В. Шульгина | Согласовано, ea49db22-c3de-481e-88a5-479145e4aa44 |
| Доцент, каф. КУДР | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | А.С. Перин | Разработано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |

Согласована на портале № 78807