**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.
«26» _____10_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ОПТИКА ФОТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

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: **1**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 72 | 72 | часов |
| | 2 | 2 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 1 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 26.10.2022
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 75427

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов понимания физических основ оптики фотонных материалов для последующего использования этих знаний при построения современных устройств интегральной фотоники и оптоэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Приобретение знаний о физических основах оптики фотонных материалов, методах использования фотонных материалов в устройствах интегральной фотоники и оптоэлектроники.
2. Приобретение навыков экспериментальных исследований в области оптики фотонных материалов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (hard skills – HS).
Индекс дисциплины: Б1.О.02.02.
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-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач | ОПК-3.1. Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе | Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе |
| | ОПК-3.2. Умеет осуществлять информационный поиск и использует новые знания в своей предметной области | Умеет осуществлять информационный поиск и использует новые знания в области оптики фотонных материалов |
| | ОПК-3.3. Владеет навыками предложения новых идей и подходов к решению инженерных задач с использованием информационных систем и технологий | Владеет навыками предложения новых идей и подходов к решению инженерных задач с использованием информационных систем и технологий |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 75427

| | | |
|---|---|---|
| ПК-3. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности | ПК-3.1. Знает основные модели жизненного цикла проекта элементов и устройств фотоники и оптоэлектроники, его этапы и фазы, их характеристики и особенности применения | Знает основные модели жизненного цикла проекта элементов и устройств интегральной фотоники и оптоэлектроники на основе фотонных материалов, его этапы и фазы, их характеристики и особенности применения |
| | ПК-3.2. Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в сфере профессиональной деятельности | Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в интегральной фотоники и оптоэлектроники |
| | ПК-3.3. Владеет навыками работы в области проектной деятельности и реализации проектов | Владеет навыками работы в области проектной деятельности и реализации проектов |

## 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 2 зачетных единиц, 72 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 |
|---|---|---|
| | | 1 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** | 36 | 36 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 24 | 24 |
| Подготовка к тестированию | 12 | 12 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 72 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 2 | 2 |

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | | |
| 1 Электродинамический анализ распространения света в фотонных кристаллах | 3 | 12 | 6 | 21 | ОПК-3, ПК-3 |
| 2 Оптические микрорезонаторы | 3 | - | 6 | 9 | ОПК-3, ПК-3 |

Согласована на портале № 75427

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 Технология и материалы для изготовления фотонных кристаллов | 3 | 6 | 6 | 15 | ОПК-3, ПК-3 |
| 4 Управление оптическими свойствами фотонных материалов | 3 | - | 6 | 9 | ОПК-3, ПК-3 |
| 5 Электрические и магнитные свойства сред в оптическом диапазоне. Метаматериалы и их применение | 3 | - | 6 | 9 | ОПК-3, ПК-3 |
| 6 Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов | 3 | - | 6 | 9 | ОПК-3, ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 36 | 72 | |
| Итого | 18 | 18 | 36 | 72 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 1 Электродинамический анализ распространения света в фотонных кристаллах | Классификация фотонных кристаллов: одномерные, двумерные и трехмерные фотонные кристаллы. Волновая теория распространения света в фотонном кристалле. Многолучевая интерференция. Запрещенные и разрешенные зоны фотонного кристалла. Виды дефектов в структуре фотонных кристаллов. Разрешенные энергетические уровни в запрещенной зоне. Интерференция в многомерных структурах. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 2 Оптические микрорезонаторы | Элементы физики твердого тела. Модель свободного электрона. Расщепление энергетических уровней атома на зоны при образовании кристалла. Распределение энергетических зон в твердом теле. Деление веществ на проводники, диэлектрики, изоляторы. Аналогия между физикой твердого тела и оптикой периодических сред. Оптические микрорезонаторы. Эффект туннелирования в оптических микрорезонаторах. Образование энергетических разрешенных полос из дискретных уровней за счет тунельных переходов. Зоны Бриллюэна. Дисперсионные диаграммы. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |

Согласована на портале № 75427

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Технология и материалы для изготовления фотонных кристаллов | Фотонные кристаллы в природе. Опалы, инвертированные опалы. Методы изготовления фотонных кристаллов. Методы, использующие самопроизвольное формирование фотонных кристаллов. Методы, использующие травление объектов. Голографические методы формирования фотонных кристаллов. Способы получения одномерных, двумерных и трехмерных периодических структур. Периодические доменные структуры. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 4 Управление оптическими свойствами фотонных материалов | Управление оптическими свойствами фотонного кристалла путем приложения внешнего электрического поля. Эффекты Поккельса и Керра. Управление оптическими свойствами фотонного кристалла путем приложения внешнего магнитного поля. Эффекты Фарадея и Фогта. Спектр прохож¬дения света через магнитный фотонный крис¬талл Магнитные фотонные кристаллы с дефектами чередования слоев. Управление оптическими свойствами фотонного кристалла путем изменения давления или температуры. Управление спектром и интенсивностью излучения локализованных атомов. Эффект Перселла. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 5 Электрические и магнитные свойства сред в оптическом диапазоне. Метаматериалы и их применение | Преломление и отражение света на границе раздела двух сред. Положительное и отрицательное преломление света. Изочастотные линии. Преломление и отражение света в фотонном кристалле. Классификация материалов в зависимости от их диэлектрической и магнитной проницаемостей. Искусственные магнитные материалы. Метаматериалы (левые среды) и их применение. Различия метаматериалов и фотонных кристаллов. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |

Согласована на портале № 75427

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов | Волноводы с остроугольным изгибом. Оптические транзисторы. Фотонно-кристаллическое волокно. Микролазеры без инверсии населенности. Оптические переключатели и мультиплексоры. Магнитооптические модуляторы света. Преобразователи частоты оптического излучения. | 3 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 1 Электродинамический анализ распространения света в фотонных кристаллах | Методы расчета фотонной запрещенной зоны одномерных фотонных кристаллов. | 6 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Современные устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов | 6 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 12 | |
| 3 Технология и материалы для изготовления фотонных кристаллов | Методы изготовления фотонных материалов | 6 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 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 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 75427

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Электродинамический анализ распространения света в фотонных кристаллах | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Оптические микрорезонаторы | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Технология и материалы для изготовления фотонных кристаллов | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Управление оптическими свойствами фотонных материалов | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 5 Электрические и магнитные свойства сред в оптическом диапазоне. Метаматериалы и их применение | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 6 Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| Итого | | 36 | | |

### 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. | Сам. раб. | |
| ОПК-3 | + | + | + | Зачёт с оценкой, Тестирование |
| ПК-3 | + | + | + | 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

Согласована на портале № 75427

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 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

1. Дегтяренко, Н. Н. Введение в физику и моделирование фотонных кристаллов : учебное пособие / Н. Н. Дегтяренко, Н. И. Каргин. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 148 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/75933.

### 7.2. Дополнительная литература

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.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 75427

1. Голографические фотонные структуры в наноструктурированных материалах: Учебное методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе / С. Н. Шарангович - 2022. 46 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10079.

### 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 ГПО "Оптоэлектроника": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Аппаратура ЦВОЛТ Транспорт-8х30 - 2 крейта в стойке 19";
- Осциллограф цифровой Tektronix TSD 2012B;
- Генератор сигналов SFG-2110;
- Вольтметр цифровой GDM-8145;
- Осциллограф GOS 620FG;
- Стенд для записи голографических дифракционных решеток на фотополимерных материалах;
- Анализатор лазерных пучков BS-FW-FX33;
- Лазер LSD-DTL-317;
- Лазер He-Ne ЛГН - 207;
- Стол оптический "Standa";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

## 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Согласована на портале № 75427

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) |
|---|---|---|---|
| 1 Электродинамический анализ распространения света в фотонных кристаллах | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Оптические микрорезонаторы | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 75427

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Технология и материалы для изготовления фотонных кристаллов | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Управление оптическими свойствами фотонных материалов | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Электрические и магнитные свойства сред в оптическом диапазоне. Метаматериалы и их применение | ОПК-3, ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов | ОПК-3, ПК-3 | 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 |
| 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 |
|---|---|

Согласована на портале № 75427

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале 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. Укажите диапазон длин волн видимого излучения:
   а) 380 - 780 нм  б) 300 - 600 нм в) 0,4 - 0,7 нм г) 100 - 750 нм
2. Оптическая длина луча в однородной среде:
   а) это произведение геометрической длины пути луча на показатель преломления среды
   б) это длина оптического вектора
   в) это длина оптического вектора в квадрате
   г) это геометрическая длина пути луча, деленная на показатель преломления сред
3. Когерентными называются волны, которые имеют:
   а) одинаковую частоту и постоянную времени разность фаз
   б) одинаковую поляризацию и одинаковые амплитуды
   в) одинаковые начальные фазы и одинаковую поляризацию
   г) одинаковые амплитуды и одинаковые начальные фазы
4. Оптическая разность хода двух волн монохроматического света 0,5λ. Разность фаз этих волн равна:
   а) 0,3 π б) 0,6 π в) 0,7 π г) 1,0 π
5. Фотонный кристалл — это:
   а) твердотельная структура с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью, период которой сравним с длиной волны света
   б) твердотельная структура с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью период которой много больше длины волны света
   в) твердотельная структура с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью период которой много меньше длины волны света
6. Фотонные кристаллы по характеру изменения коэффициента преломления можно разделить на
   а) одномерные, двумерные, трехмерные
   б) одномерные, двумерные, многомерные
   в) одномерные, двумерные
   г) одномерные, трехмерные
7. Природный фотонный кристалл — это
   а) опал б) рубин в) алмаз г) изумруд
8. Фотонная запрещенная зона представляет собой:

Согласована на портале № 75427

а) диапазон частот, в котором распространение света запрещено во всех направлениях
б) диапазон частот, в котором распространение света разрешено во всех направлениях
в) диапазон частот, в котором распространение света запрещено в одном направлении

9. Продольный магнитооптический эффект Фарадея заключается в том, что:
а) при прохождении линейно-поляризованного света через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света.
б) при прохождении линейно-поляризованного света через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, свет становится эллиптически поляризованным
в) при прохождении линейно-поляризованного света через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, свет приобретает круговую поляризацию
10. Магнитооптический эффект Керра заключается в том, что:
а) при отражении линейно поляризованного света от поверхности намагниченного материала наблюдается вращение плоскости поляризации света, а свет становится эллиптически поляризован.
б) при отражении линейно поляризованного света от поверхности намагниченного материала наблюдается вращение плоскости поляризации света
в) при отражении линейно поляризованного света от поверхности намагниченного материала свет становится эллиптически поляризован.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Классификация фотонных кристаллов
2. Запрещенные и разрешенные зоны фотонного кристалла
3. Виды дефектов в структуре фотонных кристаллов
4. Разрешенные энергетические уровни в запрещенной зоне
5. Деление веществ на проводники, диэлектрики, изоляторы
6. Оптические микрорезонаторы
7. Локализованные атомы. Управление спектром и интенсивностью излучения локализованных атомов
8. Эффект туннелирования в оптических микрорезонаторах
9. Фотонные кристаллы в природе
10. Методы изготовления искусственных фотонных кристаллов
11. Управление оптическими свойствами фотонного кристалла путем приложения внешнего электрического поля
12. Управление оптическими свойствами фотонного кристалла путем приложения внешнего магнитного поля
13. Магнитные фотонные кристаллы с дефектами чередования слоев
14. Устройства оптоэлектроники на основе фотонных кристаллов

### 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

Согласована на портале № 75427

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 |

### 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;

Согласована на портале № 75427

– 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 № 75427

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 2 от «20» 10 2022 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 |
| И.О. начальника 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. СВЧиКР | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. СВЧиКР | А.Е. Мандель | Разработано, e143c8a0-542b-4541-84ee-1471a4f17eef |

Согласована на портале № 75427