**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 14 | 14 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 50 | 50 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 6 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по учебной работе
Дата подписания: 18.12.2019
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 75059

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины "Квантовые приборы и устройства" является ормирование единого подхода к пониманию диалектики создания и развития основных элементов электронной техники, связи свойств и параметров элементов электронной техники со свойствами и параметрами используемых для их изготовления материалов и технологий.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение принципов действия, функциональных возможностей, конструкции и технологии изготовления элементов электронной техники, основных типов, параметров, характеристик и условий их применения.
2. Приобретение навыков решения типовых задач по расчету характеристик и параметров элементов электронной техники в приложении к прикладным разработкам и научным исследованиям, а также получение навыков разработки методологии и экспериментального исследования приборов и элементов квантовой электроники с последующей обработкой результатов измерении по стандартным алгоритмам.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).
Индекс дисциплины: Б1.В.2.11.
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** | | |
| ПКР-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПКР-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов. | Знание принципов конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов. |
| | ПКР-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. | Умение проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. |
| | ПКР-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем. | Владение навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем. |

Согласована на портале № 75059

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-6. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | ПКР-6.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков. | Знание методик проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков. |
| | ПКР-6.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов. | Умение проводить исследования характеристик электронных приборов. |
| ПКС-1. Способен владеть современными методами расчета и проектирования устройств квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники, воспринимать, разрабатывать и критически оценивать новые способы их проектирования | ПКС-1.1. Знает устройство приборов квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники | Знание устройство приборов квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники |
| | ПКС-1.2. Умеет разрабатывать и критически оценивать новые способы проектирования приборов квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники | Умение разрабатывать и критически оценивать новые способы проектирования приборов квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники |
| | ПКС-1.3. Владеет современными методами расчета и проектирования устройств квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники | Владение современными методами расчета и проектирования устройств квантовой, оптической, вакуумной и плазменной электроники |

## 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 |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 58 | 58 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 14 | 14 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 50 | 50 |
| Подготовка к тестированию | 33 | 33 |

Согласована на портале № 75059

| | | |
|---|---|---|
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 17 | 17 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение | 1 | - | - | 1 | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | 2 | 3 | 4 | 8 | 17 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома | 2 | - | - | 4 | 6 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка) | 2 | 2 | - | 4 | 8 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 5 Оптические резонаторы | 2 | - | - | 4 | 6 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | 4 | 3 | 4 | 8 | 19 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона | 6 | - | - | 4 | 10 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 8 Фотоприемники оптического излучения | 6 | 6 | 4 | 9 | 25 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | 3 | - | 4 | 8 | 15 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| Итого за семестр | 28 | 14 | 16 | 50 | 108 | |
| Итого | 28 | 14 | 16 | 50 | 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 |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 Введение | Обсуждение причин и предпосылок формирования нового научно-технического направления - квантовой электроники. Её цели и задачи. Перспективы развития квантовой электроники. | 1 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 1 | |

Согласована на портале № 75059

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | Описание излучательных процессов и параметров, которыми её описывают. Спектр излучения твердого тела. Сдвиг Франка - Кордона. Зависимость эмиссии от уровня легирования. | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома | Феноменологическое описание излучения атомов. Стимулированное излучение твердых тел. Принцип создания генератора света. Дипольная модель излучения атома. Лоренцева форма спектра излучения. Механизмы уширения спектральных линий. | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка) | Общие принципы накачки. Кинетические уравнения заселенности уровней энергии. Двухуровневая схема накачки. Трехуровневая схема накачки. Четырехуровневая схема накачки. Требования к вероятностям переходов между уровнями. | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Оптические резонаторы | Основные понятия теории резонаторов. Собственные частоты резонаторов, их добротности. Свойства плоского резонатора. Расчет поля интенсивности в резонаторе. | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Распространение света в анизотропных средах. Оптическая индикатриса. Эффект двулучепреломления в анизотропных кристаллах, а также в жидких кристаллах. Расчет фазовых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн в анизотропных кристаллах. | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона | Квантовые генераторы оптического диапазона: конструкция, параметры. Твердотельные лазеры и их типы. Газовые лазеры и их разновидности. Жидкостные лазеры. Полупроводниковые лазеры. Их принцип работы и основные параметры. Применение элементов наноэлектроники в конструкции полупроводниковых лазеров. | 6 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 75059

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Фотоприемники оптического излучения | Общие сведения о фотоприемниках. Классификация и технические характеристики фотодетекторов. Фоторезисторы. Параметры, характеризующие фотопроводимость. Полевые свойства фотопроводимости. Коэффициент усиления фотопроводимости.. Частотные свойства фотопроводимости. Типичные параметры фоторезисторов. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках. Общие сведения. Электронно-дырочные переходы. Барьерная фотоэдс. Типичные параметры фотодиодов. Разновидности фотовольтаических приемников. | 6 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 6 | |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | Лазеры и излучающие устройства различного назначения. Основные типы преобразователей лазерного излучения. Области применения приборов квантовой электроники и фотоники. | 3 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 28 | |
| Итого | | 28 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | Элементы зонной теории полупроводников. Уровень Ферми. Токопротекание в полупроводниках: механизмы токопротекания, время пролета носителей через образец. Задачи на вычисление внутренней и внешней квантовой эффективности излучения твердого тела. Коэффициент усиления активного вещества. | 3 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 3 | |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка) | Вычисление вероятностей излучательных и релаксационных переходов между энергетическими уровнями для трехуровней и четырехуровневой схем накачки. | 2 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 75059

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Расчет величины эффекта двулучепреломления в кристалле ниобата лития. Определение ориентации векторов электрической индукции обыкновенной и необыкновенной волн. | 3 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 3 | |
| 8 Фотоприемники оптического излучения | Решение задач на определение фоточувствительности фотоприемников на основе фотопроводимости и барьерной фотоэдс в различных полупроводниковых материалах. | 6 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 14 | |
| Итого | | 14 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | Измерение ширины запрещенной зоны полупровводника методом температурного сканирования | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Фотоприемники оптического излучения | Параметры и свойства фотопроводимости полупрводниковых фоторезисторов | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники. | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 75059

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка) | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Оптические резонаторы | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Фотоприемники оптического излучения | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 5 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Итого | 9 | | |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 86 | | |

### 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.

Согласована на портале № 75059

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. | |
| ПКР-3 | + | + | + | + | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-6 | + | + | + | + | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-1 | + | + | + | + | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |
| Лабораторная работа | 10 | 10 | 15 | 35 |
| Тестирование | 10 | 10 | 15 | 35 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 70 | 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 № 75059

| | | |
|---|---|---|
| 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. Квантовые приборы и устройства: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2018. 112 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7231.
2. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и квантовой техники.: Учебное пособие для вузов/ В.А. Малышев. - М.: Высшая школа, 2005, 542 с. - ISBN 5-06-004853-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 38 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров - 2012. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1578.
2. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров - 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8701.
2. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8691.
3. Исследование конденсаторного элемента на основе анизотропии диэлектрической проницаемости кристаллов: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6870.
4. Исследование резистивного элемента на основе поликристаллической пленки полупроводникового соединения AIIBVI: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2017. 27 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6871.
5. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов / В. Н. Давыдов - 2011. 111 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1594.
6. Физические основы квантовой электроники и фотоники: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2012. 47 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1700.

#### 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;

Согласована на портале № 75059

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий 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.

### 8.4. 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:

Согласована на портале № 75059

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

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 75059

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка) | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Оптические резонаторы | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 8 Фотоприемники оптического излучения | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

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 № 75059

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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. Что такое вынужденное излучение атома?
   · Это излучение, которое излучает атом при воздействии на него фотона с энергией кванта, равной энергетическому интервалу между возбужденным и основным состояниями;
   · это излучение, которое излучает атом при воздействии на него фонона с энергией, равной энергетическому интервалу между возбужденным и основным состояниями;
   · это излучение, которое излучает атом при отсутствии какого-либо внешнего воздействия на него;
   · это излучение, которое излучает решетка при воздействии на нее фонона с энергией, равной энергетическому интервалу между соседними возбужденными состояниями решетки.
2. Какова физическая природа инверсии населенности в лазерах?
   · Физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхних энергетических уровнях находятся атомы, а на нижних уровнях - ионы;
   · физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхние

Согласована на портале № 75059

энергетические уровни заселены больше, чем нижние уровни;

· физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхних энергетических уровнях концентрация атомов выше, чем это следует из распределения Максвелла-Больцмана;

· физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что верхние энергетические уровни не заселены вообще, а нижние уровни заполнены до большей концентрации, чем это следует из распределения Максвелла-Больцмана;

3. Для каких целей применяется накачка в лазерах?

· Накачка необходима для создания инверсии населенности в активном веществе лазера;

. накачка необходима для накачивания в активную часть лазера охлаждающей жидкости;

· накачка необходима для накачивания в резонатор между зеркалами газа, обеспечивающего когерентность оптического излучения;

· накачка необходима для накачивания в резонатор между зеркалами газа, обеспечивающего параллельность зеркал резонатора вне зависимости от температуры окружающей среды;

4. Почему для создания лазера в оптическом диапазоне нельзя пользоваться закрытыми резонаторами, а пользуются только открытыми?

· Открытые резонаторы позволяют вести юстировку зеркал, наблюдая переход спонтанного излучения в вынужденное непосредственно по цвету рабочего вещества;

· У закрытых резонаторов спектр собственных частот сильно разрежен и не охватывает требуемые полосы излучения в оптическом диапазоне;

· У закрытых резонаторов спектр собственных частот слишком плотный, что приводит к потере им резонансных свойств.

· У закрытых резонаторов из-за глухих стенок по всем терм координатам отсутствует возможность вывода оптического излучения наружу.

5. Что такое оптическая индикатриса кристалла заданной симметрии кристалла?

· Это прямая линия, вдоль которой распространяется необыкновенная волна;

· Это указательная поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла;

Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла;

· Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической непроницаемости кристалла.

6. Какие требования на время жизни атомов накладывается на верхний и нижний уровни перехода, который используют для генерации оптического излучения?

· Времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода должны быть как можно меньше, чтобы облегчить условия создания инверсии населенности за счет быстрого опустошения верхнего уровня излучающего перехода;

· Времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода должны быть как можно больше, чтобы облегчить создание инверсии населенности за счет быстрого накопления атомов на верхнем уровне излучающего перехода;

· Время жизни атомов на верхнем уровне излучающего перехода должно быть как можно больше, на нижнем уровне как можно меньше, чтобы облегчить создание инверсии населенности за счет быстрого накопления атомов на верхнем уровне излучающего перехода и быстрого освобождения нижнего уровня;

· На времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода никаких ограничений нет, поскольку время их пребывания на них определяется мощностью накачки.

7. Для чего в газовом лазере на основе смеси гелия и неона используют гелий?

· Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, передают им свою избыточную энергию, что приводит к инверсии населенности в гелиевой среде, а затем и генерации света;

· Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, объединяются в смесь, которая получает инверсию населенности и генерирует свет требуемой длины волны;

· Молекулы гелия, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с атомами неона,

Согласована на портале № 75059

ионизируют их за счет туннельной передачи своей энергии, что приводит к инверсии населенности в неоно-гелиевой среде, а затем и генерации света;

· Гелий имеет меньшую молярную массу, чем неон, и потому его введение улучшает отвод тепла от газовой смеси к стенкам стеклянного сосуда.

8. Что такое время релаксации фотопроводимости?

· Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, передают им свою избыточную энергию, что приводит к инверсии населенности в гелиевой среде, а затем и генерации света;

· Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, объединяются в смесь, которая получает инверсию населенности и генерирует свет требуемой длины волны;

· Молекулы гелия, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с атомами неона, ионизируют их за счет туннельной передачи своей энергии, что приводит к инверсии населенности в елий-неоновой среде, а затем и генерации света;

· Гелий имеет меньшую молярную массу, чем неон, и потому его введение улучшает отвод тепла от газовой смеси к стенкам стеклянного сосуда.

9. Какова физическая причина возникновения барьерной фотоэдс?

· Причиной возникновения барьерной фотоэдс является наличие встроенного электрического поля p-n перехода, которое разделяет неравновесные носители заряда, образуя диполь, который уменьшает контактное поле барьера;

· барьерная фотоэдс имеет своей физической причиной различие в скоростях электрического дрейфа неравновесных электронов и дырок в поле p-n перехода;

· барьерная фотоэдс имеет своей физической причиной различие в скоростях градиентного дрейфа неравновесных электронов и дырок от места освещения полупроводника;

· барьерная фотоэдс образуется в неоднородных полупроводниках с барьером, созданным внешним магнитным полем.

10. Как на основе p-n перехода сделать эффективный источник когерентного оптического излучения?

· Для получения эффективного источника когерентного излучения необходим сильно легированный донорной примесью полупроводниковый образец с плоскими полированными торцами, который подвергают облучению высокоэнергетичных электронов;

· для получения эффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими полированными торцами, изготовленный из полупроводника с малым временем излучательной рекомбинации, сместить большим внешним напряжением в прямом направлении;

· для получения эффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими полированными торцами, изготовленный из полупроводника с большим временем излучательной рекомбинации, сместить небольшим внешним напряжением в прямом направлении;

· для получения эффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими торцами, изготовленный из полупроводника с малым временем излучательной рекомбинации, сместить большим внешним напряжением в обратном направлении.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Какими параметрами описываются эмиссионные свойства твердых тел и каков их физический смысл?
2. Каковы механизмы взаимодействия квантов света с атомами вещества и каково их физическое содержание?
3. Какие механизмы уширения спектральных линий излучения квантовых систем существуют и каково их физическое содержание?
4. Какое свойство фотопроводимости описывает время её релаксации и как его находят экспериментально?
5. Каковы физические причины возникновения барьерной фотоэдс в полупроводниковом p-n переходе?

Согласована на портале № 75059

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупровводника методом температурного сканирования
2. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития
3. Параметры и свойства фотопроводимости полупрводниковых фоторезисторов
4. Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники.

## 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 |

Согласована на портале № 75059

| | | |
|---|---|---|
| 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 № 75059

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 73 от «12» 12 2018 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

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

**ЭКСПЕРТЫ:**

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

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ЭП | В.Н. Давыдов | Разработано, 0a70921e-3a8f-4010-94a3-71f1447ec6f2 |

Согласована на портале № 75059