

Документ подписан электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко Павел Васильевич  
Должность: Проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.11.2023 12:13:22  
Уникальный программный ключ:  
27e516f4c088deb62ba68945f4406e13fd454355

**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

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c  
Владелец: Сенченко Павел Васильевич  
Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

**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: **4**  
Семестр: **7**  
Учебный план набора 2023 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

| Виды учебной деятельности              | 7 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                     | 28        | 28    | часов   |
| Практические занятия                   | 18        | 18    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18        | 18    | часов   |
| Лабораторные занятия                   | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа                 | 46        | 46    | часов   |
| Подготовка и сдача экзамена            | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                     | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)     | 4         | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Экзамен                        | 7       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является формирование у студентов единого подхода к пониманию диалектики создания и развития основных элементов и устройств квантовой электроники, связи свойств и параметров элементов 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 приборов и устройств квантовой электроники, основных типов, параметров, характеристик и условий эксплуатации названных приборов и устройств.

2. Приобретение навыков решения типовых задач по расчету характеристик и параметров приборов квантовой электроники в приложении к прикладным разработкам и научным исследованиям, а также навыков экспериментального измерения и вычисления основных свойств и параметров приборов квантовой электроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.18.

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 |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |   |
| -                                       | -                                 | -   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| ПК-2. 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 | ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков приборов квантовой и оптической электроники | Знание методик проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков приборов квантовой и оптической электроники |
|   | ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов   | Умение проводить исследования характеристик электронных приборов  |
|   | ПК-2.3. Владеет современными методами расчета и проектирования устройств квантовой и оптической электроники                         | Владение современными методами расчета и проектирования устройств квантовой и оптической 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  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 7 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 62          | 62        |
| Лекционные занятия  | 28          | 28        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 46          | 46        |
| Подготовка к тестированию   | 27          | 27        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 8           | 8         |
| Написание отчета по практическому занятию (семинару)  | 3           | 3         |
| Написание отчета по лабораторной работе   | 8           | 8         |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>  | 36          | 36        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 4           | 4         |

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
|                                    |              |               |           |              |                            |                         |
| 7 семестр                          |              |               |           |              |                            |                         |

|  |    |    |    |    |     |      |
|--|----|----|----|----|-----|------|
| 1 Введение   | 1  | -  | -  | 2  | 3   | ПК-2 |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел                               | 3  | 5  | 4  | 8  | 20  | ПК-2 |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома                       | 3  | 3  | -  | 3  | 9   | ПК-2 |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка)                       | 3  | -  | -  | 3  | 6   | ПК-2 |
| 5 Оптические резонаторы  | 2  | -  | -  | 4  | 6   | ПК-2 |
| 6 Распространение света в анизотропных средах                    | 3  | 2  | 4  | 9  | 18  | ПК-2 |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона                        | 5  | -  | -  | 4  | 9   | ПК-2 |
| 8 Фотоприемники оптического излучения                            | 6  | 8  | 8  | 9  | 31  | ПК-2 |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | 2  | -  | -  | 4  | 6   | ПК-2 |
| Итого за семестр   | 28 | 18 | 16 | 46 | 108 |      |
| Итого  | 28 | 18 | 16 | 46 | 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 |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                           |  |                                      |                         |
| 1 Введение                                 | История создания приборов квантовой электроники. Формирование и становление науки квантовой электроники, ее место среди других наук, ее основополагающие принципы и задачи.                      | 1                                    | ПК-2                    |
|  | Итого  | 1                                    |                         |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел         | Описание излучательных переходов, спектр излучения твердого тела, влияние легирования на эмиссионные свойства полупроводниковых излучателей.   | 3                                    | ПК-2                    |
|  | Итого  | 3                                    |                         |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома | Феноменологическое описание излучения атомов. Стимулированное излучение твердых тел. принцип создания генератора света. Дипольная модель излучения атома. Механизмы уширения спектральных линий. | 3                                    | ПК-2                    |
|  | Итого  | 3                                    |                         |

|   |   |   |      |
|---|---|---|------|
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка)    | Общие принципы накачки активного вещества. Двухуровневая схема накачки, трехуровневая схема, четырех уровневая схема. Их анализ и определение пологового уровня накачки   | 3 | ПК-2 |
|   | Итого   | 3 |      |
| 5 Оптические резонаторы                       | Основные понятия теории резонаторов. Свойства плоского оптического резонатора Фабри-Перо. Спектр собственнах частот плоского резонатора. Его использование в генераторах когерентного излучения.  | 2 | ПК-2 |
|   | Итого   | 2 |      |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Электромагнитные волны в диэлектрических кристаллах. Понятие оптической индикатрисы. Эффект двулучепреломления, образование обыкновенной и необыкновенной волн. Набег фазы электромагнитной волны.  | 3 | ПК-2 |
|   | Итого   | 3 |      |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона     | Квантовые генераторы оптического диапазона: принцип работы, основные параметры. Твердотельные лазеры, газовые лазеры, жидкостные лазеры. \ Полупроводниковые лазеры: принцип работы, основные параметры, применение. Нанообъекты в конструкции полупроводниковых лазеров.   | 5 | ПК-2 |
|   | Итого   | 5 |      |
| 8 Фотоприемники оптического излучения         | Общие сведения о фотоприемниках. Классификация и технические характеристики фотоприемников. Фоторезисторы: параметры, характеризующие фотопроводимость, основные свойства фотопроводимости, коэффициент усиления фотопроводимости, частотные и полевые свойства фотопроводимости, типичные параметры фоторезисторных фотоприемников (три примера). Фотовольтаические эффекты в полупроводниках: общие сведения, электронно-дырочные переходы, барьерная фотоэдс. Типичные параметры фотодиодов (три примера). Разновидности фотовольтаических приемников. | 6 | ПК-2 |
|   | Итого   | 6 |      |

|  |  |    |      |
|--|--|----|------|
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | Лазеры и излучающие устройства различного назначения. Основные преобразователи лазерного излучения, устройства управления лазерным излучением. Области их применения | 2  | ПК-2 |
|  | Итого  | 2  |      |
|  | 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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                              |  |                 |                         |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел            | Расчет внутренней и внешней квантовой эффективности излучения света в полупроводниковых источниках света.  | 2               | ПК-2                    |
|   | Расчет спектра излучения и порогового коэффициента усиления рабочей среды твердотельного лазера.   | 3               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 5               |                         |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома    | Расчет коэффициентов Эйнштейна и условий достижения инверсии населенности в трехуровневой схеме накачки рабочего вещества лазера.  | 3               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 3               |                         |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Расчет скорости распространения световой волны в кристалле ниобата лития при различных углах вхождения в кристалл.   | 2               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 2               |                         |
| 8 Фотоприемники оптического излучения         | Расчет фотопроводимости в полупроводниковых кристалла различного физико-химического состава при различных условиях освещения.  | 4               | ПК-2                    |
|   | Расчет величины барьерной фотоэдс полупроводникового р-п перехода при его освещении излучением различной мощности и различной частоте модуляции светового потока. Сравнение с фоторезисторным приемом излучения. | 4               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 8               |                         |
|   | Итого за семестр   | 18              |                         |
|   | Итого  | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины            | Наименование лабораторных работ  | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                              |  |                 |                         |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел            | Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования | 4               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 4               |                         |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.                  | 4               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 4               |                         |
| 8 Фотоприемники оптического излучения         | Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов.              | 4               | ПК-2                    |
|   | Исследование барьерной фотоэдс в диффузионных р-п переходах                          | 4               | ПК-2                    |
|   | Итого  | 8               |                         |
| 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                            |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|---|
| <b>7 семестр</b>                   |  |                 |                         |   |
| 1 Введение                         | Подготовка к тестированию                            | 2               | ПК-2                    | Тестирование                              |
|                                    | Итого  | 2               |                         |   |
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 2               | ПК-2                    | Лабораторная работа                       |
|                                    | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 2               | ПК-2                    | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|                                    | Подготовка к тестированию                            | 2               | ПК-2                    | Тестирование                              |
|                                    | Написание отчета по лабораторной работе              | 2               | ПК-2                    | Отчет по лабораторной работе              |
|                                    | Итого  | 8               |                         |   |

|  |  |    |      |   |
|--|--|----|------|---|
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома                       | Подготовка к тестированию                            | 2  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Написание отчета по практическому занятию (семинару) | 1  | ПК-2 | Отчет по практическому занятию (семинару) |
|  | Итого  | 3  |      |   |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка)                       | Подготовка к тестированию                            | 3  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 3  |      |   |
| 5 Оптические резонаторы  | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 4  |      |   |
| 6 Распространение света в анизотропных средах                    | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 3  | ПК-2 | Лабораторная работа                       |
|  | Написание отчета по лабораторной работе              | 3  | ПК-2 | Отчет по лабораторной работе              |
|  | Подготовка к тестированию                            | 3  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 9  |      |   |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона                        | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 4  |      |   |
| 8 Фотоприемники оптического излучения                            | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета   | 3  | ПК-2 | Лабораторная работа                       |
|  | Написание отчета по лабораторной работе              | 3  | ПК-2 | Отчет по лабораторной работе              |
|  | Подготовка к тестированию                            | 3  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 9  |      |   |
| 9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения | Подготовка к тестированию                            | 4  | ПК-2 | Тестирование                              |
|  | Итого  | 4  |      |   |
| Итого за семестр   |  | 46 |      |   |
|  | Подготовка и сдача экзамена                          | 36 |      | Экзамен                                   |
| Итого  |  | 82 |      |   |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов



занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля  |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|---|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |   |
| ПК-2                    | +                         | +          | +         | +         | Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), 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 |
|---|--|---|---|------------------|
| <b>7 семестр</b>                          |  |   |   |                  |
| Лабораторная работа                       | 5  | 7   | 8   | 20               |
| Тестирование                              | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Отчет по лабораторной работе              | 2  | 3   | 5   | 10               |
| Отчет по практическому занятию (семинару) | 2  | 2   | 6   | 10               |
| Экзамен                                   |  |   |   | 30               |
| Итого максимум за период                  | 19   | 22  | 29  | 100              |
| Нарастающим итогом                        | 19   | 41  | 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) |

|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69        | Е (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64        |                         |
| 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. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: Учебное пособие для вузов/ В.Е. Борисенко, А.И. Воробьев, А.И. Уткин. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 224 с. ISBN 978-94774-914-4. (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства» / В. Н. Давыдов - 2016. 92 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5964>.

2. Основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы и решения задач / В. Н. Давыдов - 2022. 85 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10094>.

3. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10096>.

4. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 26 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10095>.

5. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10107>.

6. Исследование барьерной фотоэдс в диффузионных p-n переходах: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2022. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10098>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных

## **и информационные справочные системы**

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

### **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

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

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

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

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

Описание имеющегося оборудования:

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

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

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий 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:

- 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                         | ПК-2                    | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
|                                    |                         | Экзамен        | Перечень экзаменационных вопросов   |

|   |      |   |                                     |
|---|------|---|-------------------------------------|
| 2 Эмиссия излучения из твердых тел            | ПК-2 | Лабораторная работа                       | Темы лабораторных работ             |
|   |      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
|   |      | Отчет по лабораторной работе              | Темы лабораторных работ             |
|   |      | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий           |
| 3 Спонтанное и вынужденное излучение атома    | ПК-2 | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
|   |      | Отчет по практическому занятию (семинару) | Темы практических занятий           |
| 4 Возбуждение активного вещества (накачка)    | ПК-2 | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 5 Оптические резонаторы                       | ПК-2 | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 6 Распространение света в анизотропных средах | ПК-2 | Лабораторная работа                       | Темы лабораторных работ             |
|   |      | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |
|   |      | Отчет по лабораторной работе              | Темы лабораторных работ             |
| 7 Квантовые приборы оптического диапазона     | ПК-2 | Тестирование                              | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |      | Экзамен                                   | Перечень экзаменационных вопросов   |

|  |      |                                    |  |
|--|------|------------------------------------|--|
| 8 Фотоприемники<br>оптического излучения                               | ПК-2 | Лабораторная<br>работа             | Темы лабораторных работ                |
|  |      | Тестирование                       | Примерный перечень<br>тестовых заданий |
|  |      | Экзамен                            | Перечень экзаменационных<br>вопросов   |
|  |      | Отчет по<br>лабораторной<br>работе | Темы лабораторных работ                |
| 9 Основные приборы<br>квантовой электроники и<br>области их применения | ПК-2 | Тестирование                       | Примерный перечень<br>тестовых заданий |
|  |      | Экзамен                            | Перечень экзаменационных<br>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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от<br>максимальной<br>суммы баллов            | отсутствие знаний<br>или фрагментарные<br>знания                                    | отсутствие<br>умений или<br>частично<br>освоенное<br>умение             | отсутствие<br>навыков или<br>фрагментарные<br>применение<br>навыков                    |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до<br>69% от<br>максимальной<br>суммы баллов | общие, но не<br>структурированные<br>знания   | в целом успешно,<br>но не<br>систематически<br>осуществляемое<br>умение | в целом<br>успешное, но не<br>систематическое<br>применение<br>навыков                 |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до<br>89% от<br>максимальной<br>суммы баллов | сформированные,<br>но содержащие<br>отдельные<br>проблемы знания                    | в целом<br>успешное, но<br>содержащие<br>отдельные<br>пробелы умение    | в целом<br>успешное, но<br>содержащие<br>отдельные<br>пробелы<br>применение<br>навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от<br>максимальной<br>суммы баллов            | сформированные<br>систематические<br>знания   | сформированное<br>умение  | успешное и<br>систематическое<br>применение<br>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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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?
  - а) Это излучение атома при воздействии на него фотона в энергией, равной энергетическому зазору между основным и возбужденным состояниями.
  - б) Это излучение атома при воздействии на него фотона с энергией, равной энергетическому зазору между основным и возбужденным состояниями.
  - в) Это излучение атома, которое происходит вне зависимости от наличия или отсутствия внешнего воздействия электромагнитной природы.
  - г) Это излучение атома, которое происходит при воздействии на него фотона и электрона с суммарной энергией, равной энергетическому зазору между основным состоянием и возбужденным атома.
2. Какова физическая природа инверсии населенности в активном веществе лазера?
  - а) Она заключается в том, что на верхних энергетических уровнях находятся атомы, а на нижнем ионы.
  - б) Она заключается в том, что на верхнем уровне атомов находится больше, чем на нижнем.
  - в) Она заключается в том, что верхние уровни не заселены вообще, а на нижнем уровне концентрация атомов выше, чем это следует из распределения Максвелла - Больцмана.
  - г) Она заключается в том, что концентрация атомов на верхнем уровне выше, чем это следует из распределения Максвелла - Больцмана.
3. Для каких целей применяется накачка в лазерах?
  - а) Накачка необходима для введения энергии в рабочее вещество лазера для получения инверсии населенности.
  - б) Накачка необходима для введения в открытый резонатор лазера охлаждающего газа.
  - в) Накачка необходима для введения в пространство между зеркалами лазера газа, обеспечивающего когерентность генерируемого излучения.
  - г) Накачка необходима для введения между зеркалами инертного газа или смеси газов, обеспечивающих параллельность зеркал в процессе нагрева лазера.
4. Почему для создания источника оптического излучения не используют резонаторы закрытого типа?
  - а) Резонаторы закрытого типа не позволяют вывести излучение за пределы лазера.
  - б) Резонаторы закрытого типа в процессе работы приводят к перегреву активного

- кристалла лазера из-за отсутствия вентиляции.
- в) У закрытых резонаторов в области видимого излучения спектр собственных частот имеет непрерывный характер и потому не обладает требуемыми селективными свойствами.
- г) У закрытых резонаторов спектр собственных частот в оптической диапазоне сильно разряжен и потому не обладает селективными свойствами на требуемых частотах.
5. Что такое оптическая индикатриса кристалла заданной симметрии?
- а) Это указательная поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла.
- б) Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла.
- в) Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической непроницаемости кристалла.
- г) Это указательная поверхность тензора диэлектрической непроницаемости.
6. Какие требования накладываются на времена жизни атомов на верхнем и нижнем уровнях излучательного перехода лазера?
- а) Чем они больше, тем выше интенсивность излучения.
- б) Чем он меньше, тем выше интенсивность излучения лазера.
- в) Верхний уровень должен иметь большое время жизни, а нижний малое время.
- г) Верхний уровень должен иметь как можно меньшее время жизни, а нижнее как можно большее.
7. Для чего в гелий-неоновом лазере используется гелий?
- а) Ионы гелия, разгоняясь в электрическом поле, сталкиваются с атомами неона и, передавая им свою энергию, создают инверсию населенности в неоновой среде, являющейся излучательной средой.
- б) Ионы неона, разгоняясь в электрическом поле при столкновении с атомами гелия передают им свою энергию и тем самым образуют инверсию населенности в гелиевой среде, являющейся излучательной средой.
- в) Гелий имеет меньшую массу и потому способен передавать избыточную тепловую энергий стенкам трубки со смесью газов.
- г) Ионы гелий более легкие, чем ионы неона и потому с меньшими энергетическими затратами формируют инверсию населенности смеси газов.
8. Каковы физические причины возникновения фотопроводимости в полупроводниковых фотоприемниках на основе фоторезисторов?
- а) С помощью фотопроводимости поглощенные фотоны переносятся в полупроводнике к выходным контактам.
- б) Фотопроводимость возникает в результате поглощения света и генерации неравновесных носителей заряда, которые и образуют своим движением фотопроводимость.
- в) Фотопроводимость образуется за счет столкновения фотонов с электронами в полупроводнике и их увлечения в направлении падающего излучения.
- г) Фотопроводимость возникает в следствии столкновения фотонов с дырками в полупроводнике и их увлечении в направлении падающего излучения.
9. Как из полупроводникового р-п перехода сделать источник когерентного излучения оптического диапазона?
- а) Для получения полупроводникового лазера необходимо изготовить электронно-дырочный переход из материала с малым временем излучательной рекомбинации и плоскопараллельными торцами образца. К переходу прикладывают напряжение открывающее переход.
- б) Для получения полупроводникового лазера необходимо изготовить электронно-дырочный переход из материала с большим временем излучательной рекомбинации и плоскопараллельными торцами образца. К переходу прикладывают напряжение, запирающее переход.
- в) Для получения полупроводникового лазера необходимо изготовить электронно-дырочный переход из материала с малым временем излучательной рекомбинации и плоскопараллельными торцами образца. К переходу прикладывают напряжение, запирающее переход.
- г) Для получения полупроводникового лазера необходимо изготовить электронно-



дырочный переход из материала с большим временем излучательной рекомбинации и плоскопараллельными торцами образца. К переходу прикладывают напряжение, открывающее переход.

10. Какой параметр фотоприемника определяет его предельную чувствительность?
  - а) Предельную чувствительность фотоприемника определяет его фоточувствительность: производная от сигнала фототока по интенсивности принимаемого излучения.
  - б) Предельную чувствительность фотоприемника определяет обнаружительная способность приемника, вычисляемая как минимальная регистрируемая мощность света, регистрируемая в единичной полосе частот при фотоплощадке единичной величины.
  - в) Предельную чувствительность фотоприемника определяет его быстродействие на единичную площадку.
  - г) Предельную чувствительность фотоприемника определяет уровень шума фотоприемника и шума принимаемого сигнала.

### **9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов**

1. Какими параметрами описываются эмиссионные свойства твердых тел?
2. Каковы механизмы взаимодействия оптического излучения и твердого тела?
3. Как можно объяснить излучение кванта света атомом?
4. Что такое линия излучения лазера и какова ее форма?
5. Каков принцип работы полупроводникового лазера?
6. Как оценить быстродействие фотоприемника?

### **9.1.3. Темы лабораторных работ**

1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования
2. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.
3. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов.
4. Исследование барьерной фотоэдс в диффузионных р-п переходах

### **9.1.4. Темы практических занятий**

1. Расчет внутренней и внешней квантовой эффективности излучения света в полупроводниковых источниках света.
2. Расчет спектра излучения и порогового коэффициента усиления рабочей среды твердотельного лазера.
3. Расчет коэффициентов Эйнштейна и условий достижения инверсии населенности в трехуровневой схеме накачки рабочего вещества лазера.

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из

практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол №01-23 от «13» 1 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                           | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП      | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП   | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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