

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: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**

Форма обучения: **заочная**

Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**

Курс: **4, 5**

Семестр: **8, 9**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 8 семестр | 9 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 2         | 8         | 10    | часов   |
| Практические занятия               | 2         | 2         | 4     | часов   |
| Лабораторные занятия               |           | 4         | 4     | часов   |
| Самостоятельная работа             | 68        | 54        | 122   | часов   |
| Подготовка и сдача зачета          |           | 4         | 4     | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 72        | 72        | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) |           |           | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 9       |

Томск

Согласована на портале № 80065

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах квантовой и оптической электроники, которая является важным компонентом профессионального блока подготовки бакалавров по направлению "электроника и наноэлектроника".

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники.

2. Изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники.

3. Изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.03.09.

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> |                                   |   |

|  |  |   |
|--|--|---|
| ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики   | Знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания |
|  | ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области | Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач  |
|  | ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач   | Владеет современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники                                    |

#### **Профессиональные компетенции**

|   |   |   |
|---|---|---|
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | Знает принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем |
|   | ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов            | Умеет проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты             |
|   | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем       | Владеет методами обработки результатов измерений                              |

#### **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  |           |
|---|-------------|-----------|-----------|
|   |             | 8 семестр | 9 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 18          | 4         | 14        |
| Лекционные занятия  | 10          | 2         | 8         |
| Практические занятия  | 4           | 2         | 2         |
| Лабораторные занятия  | 4           |           | 4         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 122         | 68        | 54        |

|  |     |    |    |
|--|-----|----|----|
| Подготовка к тестированию                          | 98  | 68 | 30 |
| Подготовка к зачету                                | 12  |    | 12 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12  |    | 12 |
| <b>Подготовка и сдача зачета</b>                   | 4   |    | 4  |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                | 144 | 72 | 72 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                 | 4   | 2  | 2  |

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

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

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

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без зачета) | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--------------|---------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>8 семестр</b>                   |              |               |           |              |                          |                         |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | -            | -             | -         | 34           | 34                       | ОПК-1, ПК-3             |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | 2            | 2             | -         | 34           | 38                       | ОПК-1, ПК-3             |
| Итого за семестр                   | 2            | 2             | 0         | 68           | 72                       |                         |
| <b>9 семестр</b>                   |              |               |           |              |                          |                         |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | 4            | 2             | 4         | 26           | 36                       | ОПК-1, ПК-3             |
| 4 Основные типы лазеров            | 4            | -             | -         | 14           | 18                       | ОПК-1, ПК-3             |
| 5 Элементы оптоэлектроники         | -            | -             | -         | 14           | 14                       | ОПК-1, ПК-3             |
| Итого за семестр                   | 8            | 2             | 4         | 54           | 68                       |                         |
| Итого                              | 10           | 4             | 4         | 122          | 140                      |                         |

### 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>8 семестр</b>                   |   |                                      |                         |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Волновое уравнение. Плоские гармонические волны. Волновой пакет. Поляризация волн. Вектор Пойнтинга       | 0                                    | ОПК-1, ПК-3             |
|                                    | Итого   | -                                    |                         |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения. | 2                                    | ОПК-1, ПК-3             |
|                                    | Итого   | 2                                    |                         |
| Итого за семестр                   |   | 2                                    |                         |

| <b>9 семестр</b>                   |  |    |             |
|------------------------------------|--|----|-------------|
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение спектральной линии                                   | 4  | ОПК-1, ПК-3 |
|                                    | Итого  | 4  |             |
| 4 Основные типы лазеров            | Твердотельный лазер. Режимы работы. Типы твердотельных лазеров. Газовый лазер. Столкновения 1 и 2 рода. He-Ne лазер. CO <sub>2</sub> лазер. Другие типы газовых лазеров. | 4  | ОПК-1, ПК-3 |
|                                    | Итого  | 4  |             |
| 5 Элементы оптоэлектроники         | Элементарная теория планарных волноводов. Моды волноводов. Продольные и поперечные индексы. Градиентный волновод   | 0  | ОПК-1, ПК-3 |
|                                    | Итого  | -  |             |
| Итого за семестр                   |  | 8  |             |
| Итого                              |  | 10 |             |

### **5.3. Контрольные работы**

Не предусмотрено учебным планом

### **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>9 семестр</b>                   |  |                 |                         |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Исследование основных параметров полупроводникового лазера | 2               | ОПК-1, ПК-3             |
|                                    | Полупроводниковые детекторы оптического излучения          | 2               |                         |
|                                    | Итого  | 4               |                         |
| Итого за семестр                   |  | 4               |                         |
| Итого                              |  | 4               |                         |

### **5.5. Практические занятия (семинары)**

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| <b>8 семестр</b>                   |   |                 |                         |

|                                    |  |   |             |
|------------------------------------|--|---|-------------|
| 2 Описание квантовых ансамблей     | Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации.<br>Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом | 2 | ОПК-1, ПК-3 |
|                                    | Итого  | 2 |             |
| Итого за семестр                   |  | 2 |             |
| <b>9 семестр</b>                   |  |   |             |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Оптические резонаторы.<br>Характеристики лазерного излучения.  | 2 | ОПК-1, ПК-3 |
|                                    | Итого  | 2 |             |
| Итого за семестр                   |  | 2 |             |
| Итого                              |  | 4 |             |

### 5.6. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы                        | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля      |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|---------------------|
| <b>8 семестр</b>                   |  |                 |                         |                     |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | Подготовка к тестированию                          | 34              | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование        |
|                                    | Итого  | 34              |                         |                     |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | Подготовка к тестированию                          | 34              | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование        |
|                                    | Итого  | 34              |                         |                     |
| Итого за семестр                   |  | 68              |                         |                     |
| <b>9 семестр</b>                   |  |                 |                         |                     |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Подготовка к зачету                                | 4               | ОПК-1, ПК-3             | Зачёт               |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 10              | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование        |
|                                    | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12              | ОПК-1, ПК-3             | Лабораторная работа |
|                                    | Итого  | 26              |                         |                     |
| 4 Основные типы лазеров            | Подготовка к зачету                                | 4               | ОПК-1, ПК-3             | Зачёт               |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 10              | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование        |
|                                    | Итого  | 14              |                         |                     |
| 5 Элементы оптоэлектроники         | Подготовка к зачету                                | 4               | ОПК-1, ПК-3             | Зачёт               |
|                                    | Подготовка к тестированию                          | 10              | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование        |
|                                    | Итого  | 14              |                         |                     |

|                  |                           |     |       |
|------------------|---------------------------|-----|-------|
| Итого за семестр |                           | 54  |       |
|                  | Подготовка и сдача зачета | 4   | Зачет |
| Итого            |                           | 126 |       |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля                           |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
| ОПК-1                   | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование |
| ПК-3                    | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование |

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 7.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.).

#### 7.2. Дополнительная литература

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.).

#### 7.3. Учебно-методические пособия

##### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / С. М. Шандаров - 2013. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3483>.

2. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к самостоятельной работе / С. М. Шандаров - 2013. 32 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3484>.

3. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/295>.

##### 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 лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКПП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.



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

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 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 Свойства электромагнитных волн   | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | ОПК-1, ПК-3             | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |

|                                    |             |                     |                                     |
|------------------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------------|
| 3 Общие вопросы построения лазеров | ОПК-1, ПК-3 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |             | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|                                    |             | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Основные типы лазеров            | ОПК-1, ПК-3 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |             | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Элементы оптоэлектроники         | ОПК-1, ПК-3 | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |             | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|--------|---|
|--------|---|

|                            |  |
|----------------------------|--|
| 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

- Какой вид имеет одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{1}{\varepsilon\mu} \nabla^2 \vec{E} = 0;$
  - $\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
- В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны каким уравнением
  - $H_m = E_m;$
  - $H_m = W \cdot E_m;$
  - $H_m = \frac{E_m}{W};$
  - $H_m = \int E_m dW.$
- В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населенностей можно ли создать:
  - можно создать при малых плотностях энергии накачки  $\rho$
  - можно создать при больших  $\rho$
  - можно создать при любых  $\rho$
  - создать невозможно в принципе
- Каково соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал ( $r_1$  и  $r_2$ ) и расстоянием между ними  $L$  (длина резонатора) для полуконфокального резонатора:

- а)  $r_1 = \infty, r_2 = 2L$   
 б)  $r_1 = \infty, r_2 = L$   
 в)  $r_1 = r_2 = L$   
 г)  $r_1 = r_2 = 2L$
5. Что обозначает аббревиатура *TEM* :
- а) продольную электромагнитную волну  
 б) поперечную электромагнитную волну  
 в) продольную моду резонатора  
 г) поперечную моду резонатора
6. По какой схеме работает рубиновый ( $Al_2O_3 : Cr^{3+}$ ) лазер:
- а) 2-х уровневой  
 б) 3-х уровневой  
 в) 4-х уровневой  
 г) 5-и уровневой
7. Оператор  $\hat{A}$  называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций  $u$  и  $v$  какое выполняется условие:
- а)  $\hat{A}(a_1u + a_2v) = a_1\hat{A}u + a_2\hat{A}v$ ;  
 б)  $\int v^* \hat{A}u dV = \int u \hat{A}^* v^* dV$ ;  
 в)  $\int u_n^* v_m dV = 0 \quad (m \neq n)$ ;  
 г)  $\int u_n^* v_m dV = 1 \quad (m = n)$
8. Оператор в произвольном представлении является матрицей, матричный элемент которой  $A_{mn}$  определяется каким выражением:
- а)  $A_{mn} = \int \psi_m^*(x) \psi_n(x) dx$ ;  
 б)  $A_{mn} = \int \psi_m^* \hat{A} \psi_n dx$ ;  
 в)  $A_{mn} = \langle \psi_m | \hat{A} | \psi_n \rangle$   
 г)  $A_{mn} = \sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}$ .
9. Каково условие устойчивости открытого оптического резонатора длиной  $L$  с радиусами кривизны зеркал  $r_1$  и  $r_2$  :
- а)  $0 < \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) < 1$   
 б)  $0 \leq \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) \leq 1$   
 в)  $L < r_1, L < r_2$   
 г)  $L > r_1, L > r_2$
10. Как зависит от частоты перехода  $\nu$  вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна  $A_{21}$ ):
- а)  $\nu$   
 б)  $\nu^2$   
 в)  $\nu^3$   
 г) не зависит от  $\nu$

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Принцип усиления ЭМИ.
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Материальные уравнения
3. Представления функции состояния. Вектор состояния. Совектор состояния
4. Операторы в произвольном представлении
5. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Основные уравнения. Вероятности индуцированных переходов
6. Двухуровневая система атомов во внешнем поле. Анализ уравнений. Кривая Лоренца. Слабое поле. Сильное поле

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера
2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения

### 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 № 11 от «24» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ   | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления     | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                     |                |  |
|---------------------|----------------|--|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Согласовано,<br>6332ca5f-c16e-4579-<br>bbc4-ee49773dfd8d |
| Доцент, каф. ЭП     | А.И. Аксенов   | Согласовано,<br>d90d5f87-f1a9-4440-<br>b971-ce4f7e994961 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                 |            |  |
|-----------------|------------|--|
| Доцент, каф. ЭП | В.И. Быков | Разработано,<br>059722b9-8e1d-453e-<br>b2d2-c0d528ac8ebd |
|-----------------|------------|--|