**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П.Е. Троян
«19» 12 2018 г.

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**
Факультет: **Заочный и вечерний факультет (ЗиВФ)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **4, 5**
Семестр: **8, 9**
Учебный план набора 2019 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 | 45 | 113 | часов |
| Контрольные работы | | 4 | 4 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | | 9 | 9 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 72 | 72 | 144<br>4 | часов<br>з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр | Количество |
|---|---|---|
| Экзамен | 9 | |
| Контрольные работы | 9 | 2 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 19.12.2018
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 69067

## 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 "квантовая и оптическая электроника".

### 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: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Электронные приборы.
Индекс дисциплины: Б1.В.04.02.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 69067

| | | |
|---|---|---|
| ПКС-1. Способен использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных | ПКС-1.1. Знает основные приемы обработки и представления экспериментальных и расчетных данных приборов и устройств электронной техники | Знает фундаментальные принципы квантовой и оптической электроники; основные линейные и нелинейные явления квантовой и оптической электроники и методы их описания |
| | ПКС-1.2. Умеет проводить обработку экспериментальных данных приборов и устройств электронной техники | Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач |
| | ПКС-1.3. Владеет методикой обработки и представления экспериментальных и расчетных данных приборов и устройств электронной техники | Владеет современными подходами и методами анализа и описания линейных и нелинейных эффектов квантовой и оптической электроники |

Согласована на портале № 69067

| | | |
|---|---|---|
| ПКС-10. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | ПКС-10.1. Знает эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Знает принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем |
| | ПКС-10.2. Умеет ргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Умеет проводить измерения, обрабатывать и представлять результаты |
| | ПКС-10.3. Владеет навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | 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 |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 22 | 4 | 18 |
| Лекционные занятия | 10 | 2 | 8 |

Согласована на портале № 69067

| | | | |
|---|---|---|---|
| Практические занятия | 4 | 2 | 2 |
| Лабораторные занятия | 4 | | 4 |
| Контрольные работы | 4 | | 4 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 113 | 68 | 45 |
| Подготовка к тестированию | 80 | 68 | 12 |
| Подготовка к контрольной работе | 25 | | 25 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | | 8 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 9 | | 9 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 72 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 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 экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | | | |
| 1 Свойства электромагнитных волн | - | - | - | 34 | 34 | ПКС-1, ПКС-10 |
| 2 Описание квантовых ансамблей | 2 | 2 | - | 34 | 38 | ПКС-1, ПКС-10 |
| Итого за семестр | 2 | 2 | 0 | 68 | 72 | |
| **9 семестр** | | | | | | |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | 4 | 2 | 4 | 22 | 36 | ПКС-1, ПКС-10 |
| 4 Основные типы лазеров | 4 | - | - | 16 | 20 | ПКС-1, ПКС-10 |
| 5 Элементы оптоэлектроники | - | - | - | 7 | 7 | ПКС-1, ПКС-10 |
| Итого за семестр | 8 | 2 | 4 | 45 | 59 | |
| Итого | 10 | 4 | 4 | 113 | 131 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |

Согласована на портале № 69067

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Свойства электромагнитных волн | уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Волновое уравнение. Плоские гармонические волны. Волновой пакет. Поляризация волн. Вектор Пойнтинга | 0 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | - | |
| 2 Описание квантовых ансамблей | Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения. | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | 2 | |
| | Итого за семестр | 2 | |
| **9 семестр** | | | |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка Когерентность, однородное и неоднородное уширение спектральной линии | 4 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Основные типы лазеров | Твердотельный лазер. Режимы работы. Типы твердотельных лазеров. Газовый лазер. Столкновения 1 и 2 рода. He-Ne лазер. CO2 лазер. Другие типы газовых лазеров. | 4 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Элементы оптоэлектроники | Элементарная теория планарных волноводов. Моды волноводов. Продольные и поперечные индексы. Градиентный волновод. | 0 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | - | |
| | Итого за семестр | 8 | |
| | Итого | 10 | |

**5.3. Контрольные работы**

Согласована на портале № 69067

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.
Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п. | Виды контрольных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |
| 1 | Контрольная работа | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| 2 | Контрольная работа | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| Итого за семестр | | 4 | |
| Итого | | 4 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Исследование основных параметров полупроводникового лазера | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Полупроводниковые детекторы оптического излучения | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | 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 |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |
| 2 Описание квантовых ансамблей | Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| **9 семестр** | | | |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения. | 2 | ПКС-1, ПКС-10 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| Итого | | 4 | |

### 5.6. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.7. Самостоятельная работа

Согласована на портале № 69067

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 |
|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | |
| 1 Свойства электромагнитных волн | Подготовка к тестированию | 34 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование |
| | Итого | 34 | | |
| 2 Описание квантовых ансамблей | Подготовка к тестированию | 34 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование |
| | Итого | 34 | | |
| Итого за семестр | | 68 | | |
| **9 семестр** | | | | |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Подготовка к контрольной работе | 10 | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПКС-1, ПКС-10 | Лабораторная работа |
| | Итого | 22 | | |
| 4 Основные типы лазеров | Подготовка к контрольной работе | 12 | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование |
| | Итого | 16 | | |
| 5 Элементы оптоэлектроники | Подготовка к контрольной работе | 3 | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование |
| | Итого | 7 | | |
| Итого за семестр | | 45 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 9 | | Экзамен |
| Итого | | 122 | | |

### 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. | |
| ПКС-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

Согласована на портале № 69067

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ПКС-10 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 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 : учебное пособие / А. С. Шангин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2008. - 112 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).
2. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).
3. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Л. И. Шангина - 2012. 303 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/713.
4. 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. 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.
3. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Руководство к выполнению лабораторной работы / В. В. Щербина, А. И. Башкиров - 2011. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/294.

#### 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.

Согласована на портале № 69067

## 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 АКИП-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.

Программное обеспечение:
- LibreOffice;
- Microsoft Windows XP;

### 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;

Согласована на портале № 69067

- 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 | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Описание квантовых ансамблей | ПКС-1, ПКС-10 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 69067

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Основные типы лазеров | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Элементы оптоэлектроники | ПКС-1, ПКС-10 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных 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 |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

Согласована на портале № 69067

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой вид имеет одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля
   а) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0;$
   б) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
   в) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{1}{\varepsilon\mu} \nabla^2 \vec{E} = 0;$
   г) $\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
2. В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны каким уравнением
   а) $H_m = E_m;$
   б) $H_m = W \cdot E_m;$
   в) $H_m = \frac{E_m}{W};$
   г) $H_m = \int E_m dW.$
3. В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей можно ли создать:
   а) можно создать при малых плотностях энергии накачки p
   б) можно создать при больших p
   в) можно создать при любых p
   г) создать не возможно в принципе
4. Каково соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал (r1 и r2) и расстоянием между ними L (длина резонатора) для полуконфокального резонатора:

Согласована на портале № 69067

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 (Al2O3:Cr3+) лазер:
   а) 2-х уровневой
   б) 3-х уровневой
   в) 4-х уровневой
   г) 5-ти уровневой
7. Оператор называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций u и v какое выполняется условие:

а) $\hat{A}(a_1 u + a_2 v) = a_1 \hat{A} u + a_2 \hat{A};$

б) $\int v^* \hat{A} u dV = \int u \hat{A}^* v^* dV;$

в) $\int u_n^* v_m dV = 0 \ \ (m \neq n);$

г) $\int u_n^* v_m dV = 1 \ \ (m = n)$

8. Оператор в произвольном представлении является матрицей, элемент которой 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) $A_{mn} = <\psi \left| \hat{A} \right| \psi>$

г) $A_{mn} = \sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}.$

9. Каково условие устойчивости открытого оптического резонатора длиной L с радиусами кривизны зеркал r1 и r2:

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 ν вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна A21):

Согласована на портале № 69067

а) $\nu$
б) $\nu^2$
в) $\nu^3$
г) не зависит от $\nu$

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

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. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Для трехуровневой системы частиц с эквидистантным спектром и частотой перехода между соседними уровнями $\omega_{32} = \omega_{21} = kT/\hbar$, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, найдите населенности первого и второго уровней, если на третьем уровне находится $10^{18}$ частиц

2. Для световой волны, распространяющейся вдоль оси $x$ в непроводящей среде с параметрами: $\varepsilon = 4\varepsilon_0$ и $\mu = \mu_0$ и имеющей векторную амплитуду $\vec{E}_m = \vec{j}E_m$, где $E_m = 10$ В/м, определите модуль и направление для векторной амплитуды напряженности магнитного поля.

3. Для ансамбля изолированных микрочастиц, не взаимодействующих друг с другом и имеющих 3 энергетических уровня, вероятности спонтанных переходов для одной частица в единицу времени равны $A_{31} = 6 \cdot 10^2$ с$^{-1}$ и $A_{32} = 4 \cdot 10^2$ с$^{-1}$. Запишите выражение для спектральной линии излучения при переходе частиц с третьего на второй уровень, найдите ширину этой линии излучения $2\Delta f$ в Гц. Проиллюстрируйте форму спектральной линии излучения рисунком, отражающим частотную зависимость мощности спонтанного излучения для данного перехода.

4. В лазере с длиной резонатора 15 см одновременно генерируется 30 синхронизованных мод. Найдите частоту повторения генерируемых ультракоротких импульсов в Гц; период их повторения; оцените длительность генерируемых импульсов. Проиллюстрируйте рисунком временную зависимость мощности излучения для данного лазера.

Согласована на портале № 69067

5. Для газоразрядного лазера, в котором инверсия населенностей реализуется за счет столкновений 1-го рода, запишите балансные уравнения для числа частиц на 2-м энергетическом уровне.

### 9.1.4. 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 |

Согласована на портале № 69067

| | | |
|---|---|---|
| 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 № 69067

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| 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 |
| Декан ЗиВФ | И.В. Осипов | Согласовано, 126832c4-9aa6-45bd-8e71-e9e09d25d010 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

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

**РАЗРАБОТАНО:**

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

Согласована на портале № 69067