

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

**КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**  
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Элементная база квантовых технологий**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**  
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**  
Курс: **4**  
Семестр: **7**  
Учебный план набора 2024 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 различного функционального назначения, использующих квантовые технологии	ПК-2.1. Знает методики экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения, использующих квантовые технологии	Знание методик проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков приборов квантовой и оптической электроники
	ПК-2.2. Умеет проводить экспериментальные исследования характеристик приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения, использующих квантовые технологии	Умение проводить исследования характеристик электронных приборов
	ПК-2.3. Владеет современными методами расчета и проектирования приборов и установок различного функционального назначения, использующих квантовые технологии	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
<b>7 семестр</b>						
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 собственных 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	E (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. (наличие в библиотеке ТУСУР - 38 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Борисенко В.Е. Нанозлектроника: Учебное пособие для вузов/ В.Е. Борисенко, А.И. Воробьев, А.И. Уткин. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 224 с. (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 оптического излучения	ПК-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения	ПК-2	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
--------	---

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или 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 (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 № 11 от «24» 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

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

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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