МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотонные и квантовые информационные технологии**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	24	24	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83045

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 (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.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		
ПК-2. Способен выполнять технологическую подготовку производства элементов и узлов фотоники и оптоинформатики и комплексов на их основе	ПК-2.1. Знает принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов фотоники и оптоинформатики	Знание методик проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков приборов квантовой и оптической электроники
	ПК-2.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования	Умение проводить исследования характеристик электронных приборов
	ПК-2.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования	Владение современными методами расчета и проектирования устройств квантовой и оптической электроники.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

Согласована на портале № 83045

выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	48	48
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	24	24
Подготовка к тестированию	11	11
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	3
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	4
Написание отчета по лабораторной работе	6	6
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Введение	1	-	-	1	2	ПК-2
2 Эмиссия излучения из твердых тел	2	5	3	6	16	ПК-2
3 Спонтанное и вынужденное излучение атома	2	3	-	4	9	ПК-2
4 Возбуждение активного вещества (накачка)	2	-	-	1	3	ПК-2
5 Оптические резонаторы	1	-	-	1	2	ПК-2
6 Распространение света в анизотропных средах	2	2	3	5	12	ПК-2
7 Квантовые приборы оптического диапазона	3	-	-	1	4	ПК-2
8 Фотоприемники оптического излучения	3	8	6	4	21	ПК-2
9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения	2	-	-	1	3	ПК-2

Согласована на портале № 83045

Итого за семестр	18	18	12	24	72	
Итого	18	18	12	24	72	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение	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.	2	ПК-2
	Итого	2	
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.	2	ПК-2
	Итого	2	
4 Возбуждение активного вещества (накачка)	Общие принципы накачки активного вещества. Двухуровневая схема накачки, трехуровневая схема, четырех уровневая схема. Их анализ и определение погового уровня накачки	2	ПК-2
	Итого	2	
5 Оптические резонаторы	Основные понятия теории резонаторов. Свойства плоского оптического резонатора Фабри-Перо. Спектр собственнах частот плоского резонатора. Его использование в генераторах когерентного излучения.	1	ПК-2
	Итого	1	
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.	2	ПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 83045

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.	3	ПК-2
	Итого	3	
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.	3	ПК-2
	Итого	3	
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		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Эмиссия излучения из твердых тел	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	

Согласована на портале № 83045

3 Спонтанное и вынужденное излучение атома	Расчет коэффициентов Эйнштейна и условий достижения инверсии населенности в трехуровневой схеме накачки рабченго 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
6 семестр			
2 Эмиссия излучения из твердых тел	Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования	3	ПК-2
	Итого	3	
6 Распространение света в анизотропных средах	Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития.	3	ПК-2
	Итого	3	
8 Фотоприемники оптического излучения	Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов.	3	ПК-2
	Исследование барьерной фотоэдс в диффузионных р-п переходах	3	ПК-2
	Итого	6	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

Согласована на портале № 83045

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	1		
2 Эмиссия излучения из твердых тел	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	6		
3 Спонтанное и вынужденное излучение атома	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-2	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	4		
4 Возбуждение активного вещества (накачка)	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	1		
5 Оптические резонаторы	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	1		
6 Распространение света в анизотропных средах	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	5		
7 Квантовые приборы оптического диапазона	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	1		

Согласована на портале № 83045

8 Фотоприемники оптического излучения	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения	Подготовка к тестированию	1	ПК-2	Тестирование
	Итого	1		
Итого за семестр		24		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		60		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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
6 семестр				
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

Согласована на портале № 83045

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	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Квантовые приборы и устройства: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2018. 112 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7231.

2. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и квантовой техники: Учебное пособие для вузов/ В.А. Малышев. - М.: Высшая школа, 2005, 542 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 38 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Борисенко В.Е. Наноэлектроника: 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.

Согласована на портале № 83045

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

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.

Согласована на портале № 83045

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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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

Согласована на портале № 83045

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

Согласована на портале № 83045

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

Согласована на портале № 83045

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

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что такое вынужденное излучение атома?
   а) Это излучение атома при воздействии на него фонона в энергией, равной энергетическому зазору между основным и возбужденным состояниям.
   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

Согласована на портале № 83045

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-

Согласована на портале № 83045

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 фотответа по по интенсивности принимаемого излучения.
    б) Предельную чувствительность фотоприемника определяет обнаружительная способность приемника, вычисляемая как минимальна 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 рабченго 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

Согласована на портале № 83045

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;

Согласована на портале № 83045

– 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 № 83045

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол №01-25 от «21» 1 2025 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
Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961

РАЗРАБОТАНО:

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

Согласована на портале № 83045