### МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

У	ТВЕРЖДА	ΑЮ		
Проректор по учебной работ				
	П.В	. Сенченко		
«18»	12	2019 г.		

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки / специальность: **11.03.04** Электроника и наноэлектроника Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника** 

Форма обучения: очная

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)** Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)** 

Курс: **3** Семестр: **6** 

Учебный план набора 2020 года

### Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	14	14	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	50	50	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	3.e.

Φ(	ррмы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен		6

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Сенченко П.В.

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 18.12.2019 Уникальный программный ключ: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

#### 1. Общие положения

#### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины "Квантовые приборы и устройства" является ормирование единого подхода к пониманию диалектики создания и развития основных элементов электронной техники, связи свойств и параметров элементов электронной техники 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 элементов электронной техники, основных типов, параметров, характеристик и условий их применения.
- 2. Приобретение навыков решения типовых задач по расчету характеристик и параметров элементов электронной техники в приложении к прикладным разработкам и научным исследованиям, а также получение навыков разработки методологии и экспериментального исследования приборов и элементов квантовой электроники с последующей обработкой результатов измерении по стандартным алгоритмам.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля).

Индекс дисциплины: Б1.В.2.11.

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				
	Общепрофессиональны	е компетенции		
-	-	-		
	Профессиональные к	омпетенции		
ПКР-3. Способен	ПКР-3.1. Знает принципы	Знание принципов конструирования		
выполнять расчет и	конструирования отдельных	отдельных аналоговых блоков		
проектирование	аналоговых блоков	электронных приборов.		
электронных приборов,	электронных приборов.			
схем и устройств	ПКР-3.2. Умеет проводить	Умение проводить оценочные расчеты		
различного	оценочные расчеты	характеристик электронных приборов.		
функционального	характеристик электронных			
назначения в	приборов.			
соответствии с	ПКР-3.3. Владеет навыками	Владение навыками подготовки		
техническим заданием	подготовки	принципиальных и монтажных		
с использованием	принципиальных и	электрических схем.		
средств автоматизации	монтажных электрических	_		
проектирования	схем.			

ПКР-6. Способен	ПКР-6.1. Знает методики	Знание методик проведения исследований
аргументировано	проведения исследований	параметров и характеристик узлов, блоков.
выбирать и	параметров и характеристик	
реализовывать на	узлов, блоков.	
практике эффективную		
методику		
экспериментального		
исследования		
параметров и		
характеристик	ПКР-6.2. Умеет проводить	Умение проводить исследования
приборов, схем,	исследования характеристик	_
устройств и установок	электронных приборов.	
электроники и		
наноэлектроники		
различного		
функционального		
назначения		
ПКС-1. Способен	ПКС-1.1. Знает устройство	Знание устройство приборов квантовой,
владеть современными	приборов квантовой,	оптической, вакуумной и плазменной
методами расчета и	оптической, вакуумной и	электроники
проектирования	плазменной электроники	
устройств квантовой,	ПКС-1.2. Умеет	Умение разрабатывать и критически
оптической, вакуумной	разрабатывать и критически	оценивать новые способы проектирования
и плазменной	оценивать новые способы	приборов квантовой, оптической,
электроники,	проектирования приборов	вакуумной и плазменной электроники
воспринимать,	квантовой, оптической,	
разрабатывать и	вакуумной и плазменной	
критически оценивать	электроники	
новые способы их	ПКС-1.3. Владеет	Владение современными методами расчета
проектирования	современными методами	и проектирования устройств квантовой,
	расчета и проектирования	оптической, вакуумной и плазменной
	устройств квантовой,	электроники
	оптической, вакуумной и	1 -
	плазменной 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		Семестры
Виды учеоной деятельности	часов	6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	58	58
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	14	14
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная		50
внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего		
Подготовка к тестированию	33	33

Подготовка к лабораторной работе, написание отчета		17
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	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

таолица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учеоной деятельности						
Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
		6 ce	местр			
1 Введение	1	ı	-	1	2	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
2 Эмиссия излучения из твердых тел	2	3	4	8	17	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
3 Спонтанное и вынужденное излучение атома	2	-	-	4	6	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
4 Возбуждение активного вещества (накачка)	2	2	-	4	8	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
5 Оптические резонаторы	2	-	-	4	6	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
6 Распространение света в анизотропных средах	4	3	4	8	19	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
7 Квантовые приборы оптического диапазона	6	-	-	4	10	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
8 Фотоприемники оптического излучения	6	6	4	9	25	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
9 Основные приборы квантовой электроники и области их применения	3	-	4	8	15	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
Итого за семестр	28	14	16	50	108	
Итого	28	14	16	50	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
	6 семестр		
1 Введение	Обсуждение причин и предпосылок формирования нового научно-технического направления - квантовой электроники. Её цели и задачи. Перспективы развития квантовой электроники.	1	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
	Итого	1	

2 Эмиссия	Описание излучательных процессов и параметров, которыми её описывают.	2	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1
излучения из твердых тел	Спектр излучения твердого тела. Сдвиг Франка - Кордона. Зависимость эмиссии от		TIRC-1
	уровня легирования.		
	Итого	2	
3 Спонтанное и	Феноменологическое описание излучения	2	ПКР-3, ПКР-6,
вынужденное	атомов. Стимулированное излучение	2	ПКС-1
излучение атома	твердых тел. Принцип создания генератора		
,	света. Дипольная модель излучения атома.		
	Лоренцева форма спектра излучения.		
	Механизмы уширения спектральных		
	линий.		
	Итого	2	
4 Возбуждение	Общие принципы накачки. Кинетические	2	ПКР-3, ПКР-6,
активного вещества	уравнения заселенности уровней энергии.		ПКС-1
(накачка)	Двухуровневая схема накачки.		
	Трехуровневая схема накачки.		
	Четырехуровневая схема накачки.		
	Требования к вероятностям переходов		
	между уровнями.		
	Итого	2	
5 Оптические	Основные понятия теории резонаторов.	2	ПКР-3, ПКР-6,
резонаторы	Собственные частоты резонаторов, их		ПКС-1
	добротности. Свойства плоского		
	резонатора. Расчет поля интенсивности в		
	резонаторе.		
	Итого	2	
6 Распространение	Распространение света в анизотропных	4	ПКР-3, ПКР-6,
света в	средах. Оптическая индикатриса. Эффект		ПКС-1
анизотропных	двулучепреломления в анизотропных		
средах	кристаллах, а также в жидких кристаллах.		
	Расчет фазовых скоростей обыкновенной и		
	необыкновенной волн в анизотропных		
	кристаллах.		
	Итого	4	
7 Квантовые	Квантовые генераторы оптического	6	ПКР-3, ПКР-6,
приборы	диапазона: конструкция, параметры.		ПКС-1
оптического	Твердотельные лазеры и их типы. Газовые		
диапазона	лазеры и их разновидности. Жидкостные		
	лазеры. Полупроводниковые лазеры. Их принцип работы и основные параметры.		
	Применение элементов наноэлектроники в		
	конструкции полупроводниковых лазеров.		
		6	
	Итого	6	

8 Фотоприемники	Общие сведения о фотоприемниках.	6	ПКР-3, ПКР-6,
оптического	Классификация и технические		ПКС-1
излучения	характеристики фотодетекторов.		
	Фоторезисторы. Параметры,		
	характеризующие фотопроводимость.		
	Полевые свойства фотопроводимости.		
	Коэффициент усиления		
	фотопроводимости Частотные свойства		
	фотопроводимости. Типичные параметры		
	фоторезисторов. Фотовольтаические		
	эффекты в полупроводниках. Общие		
	сведения. Электронно-дырочные		
	переходы. Барьерная фотоэдс. Типичные		
	параметры фотодиодов. Разновидности		
	фотовольтаических приемников.		
	Итого	6	
9 Основные	Лазеры и излучающие устройства	3	ПКР-3, ПКР-6,
приборы квантовой	различного назначения. Основные типы		ПКС-1
электроники и	преобразователей лазерного излучения.		
области их	Области применения приборов квантовой		
применения	электроники и фотоники.		
	Итого	3	
	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	Наименование практических занятий	Трудоемкость,	Формируемые
(тем) дисциплины	(семинаров)	Ч	компетенции
	6 семестр		
2 Эмиссия излучения	Элементы зонной теории	3	ПКР-3, ПКР-6,
из твердых тел	полупроводников. Уровень Ферми.		ПКС-1
	Токопротекание в полупроводниках:		
	механизмы токопротекания, время		
	пролета носителей через образец. Задачи		
	на вычисление внутренней и внешней		
	квантовой эффективности излучения		
	твердого тела. Коэффициент усиления		
	активного вещества.		
	Итого	3	
4 Возбуждение	Вычисление вероятностей	2	ПКР-3, ПКР-6,
активного вещества	излучательных и релаксационных		ПКС-1
(накачка)	переходов между энергетическими		
	уровнями для трехуровней и		
	четырехуровневой схем накачки.		
	Итого	2	

6 Распространение	Расчет величины эффекта	3	ПКР-3, ПКР-6,
света в	двулучепреломления в кристалле		ПКС-1
анизотропных средах	ниобата лития. Определение ориентации		
	векторов электрической индукции		
	обыкновенной и необыкновенной волн.		
	Итого	3	
8 Фотоприемники	Решение задач на определение	6	ПКР-3, ПКР-6,
оптического	фоточувствительности фотоприемников		ПКС-1
излучения	на основе фотопроводимости и		
	барьерной фотоэдс в различных		
	полупроводниковых материалах.		
	Итого	6	
	Итого за семестр	14	
	Итого	14	

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

,	нование лаоораторных раоот		
Названия разделов (тем)	Наименование лабораторных	Трудоемкость,	Формируемые
дисциплины	работ	Ч	компетенции
	6 семестр		
2 Эмиссия излучения из	Измерение ширины запрещенной	4	ПКР-3, ПКР-6,
твердых тел	зоны полупровводника методом		ПКС-1
	температурного сканирования		
	Итого	4	
6 Распространение света	Исследование эффекта	4	ПКР-3, ПКР-6,
в анизотропных средах	двулучепреломления в кристаллах		ПКС-1
_	ниобата лития		
	Итого	4	
8 Фотоприемники	Параметры и свойства	4	ПКР-3, ПКР-6,
оптического излучения	фотопроводимости		ПКС-1
	полупрвоводниковых		
	фоторезисторов		
	Итого	4	
9 Основные приборы	Исследование шумовых свойств	4	ПКР-3, ПКР-6,
квантовой электроники и	приборов оптоэлектроники.		ПКС-1
области их применения	Итого	4	
	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	Виды самостоятельной	Трудоемкость,	Формируемые	Формы	
(тем) дисциплины	работы	Ч	компетенции	контроля	
6 семестр					

1 Введение	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
	Итого	1		
2 Эмиссия излучения из твердых тел	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
	Итого	8		
3 Спонтанное и вынужденное	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
излучение атома	Итого	4		
4 Возбуждение активного вещества	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
(накачка)	Итого	4		
5 Оптические резонаторы	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
	Итого	4		
6 Распространение света в анизотропных средах	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
	Итого	8		
7 Квантовые приборы	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
оптического диапазона	Итого	4		
8 Фотоприемники оптического излучения	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа
J	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
	Итого	9		
9 Основные приборы квантовой	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование
электроники и области их применения	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа
	Итого	8		
	Итого за семестр	50		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
	Итого	86		

## **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

Формануомало	Виды учебной деятельности			ости	
Формируемые компетенции	Лек.	Прак.	Лаб.	Сам.	Формы контроля
компетенции	зан.	зан.	раб.	раб.	
ПКР-3	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование,
					Экзамен
ПКР-6	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование,
					Экзамен
ПКС-1	+	+	+	+	Лабораторная работа, 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	10	10	15	35
Тестирование	10	10	15	35
Экзамен				30
Итого максимум за	20	20	30	100
период				
Нарастающим итогом	20	40	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	Оценка (ECTS)
		экзамен	
5 (отлично) (	зачтено)	90 - 100	А (отлично)
4 (хорошо) (з	зачтено)	85 – 89	В (очень хорошо)
		75 - 84	С (хорошо)
		70 - 74	D (удовлетворительно)

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 - 64	Е (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: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/7231">https://edu.tusur.ru/publications/7231</a>.
- 2. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и квантовой техники.: Учебное пособие для вузов/ В.А. Малышев. М.: Высшая школа, 2005, 542 с. ISBN 5-06-004853-5 (наличие в библиотеке ТУСУР 38 экз.).

### 7.2. Дополнительная литература

- 1. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров 2012. 98 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/1578">https://edu.tusur.ru/publications/1578</a>.
- 2. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / В. М. Шандаров 2012. 197 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/750.

### 7.3. Учебно-методические пособия

### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

- 1. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/8701">https://edu.tusur.ru/publications/8701</a>.
- 2. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/8691">https://edu.tusur.ru/publications/8691</a>.
- 3. Исследование конденсаторного элемента на основе анизотропии диэлектрической проницаемости кристаллов: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов 2017. 21 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6870.
- 4. Исследование резистивного элемента на основе поликристаллической пленки полупроводникового соединения AIIBVI: Методическое пособие к лабораторной работе / В. Н. Давыдов 2017. 27 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6871.
- 5. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов / В. Н. Давыдов 2011. 111 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/1594">https://edu.tusur.ru/publications/1594</a>.
- 6. Физические основы квантовой электроники и фотоники: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / С. М. Шандаров 2012. 47 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/1700">https://edu.tusur.ru/publications/1700</a>.

## 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;

### 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	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Эмиссия излучения из твердых тел	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Спонтанное и вынужденное излучение атома	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

4 Возбуждение активного вещества (накачка)	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Оптические резонаторы	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Распространение света в анизотропных средах	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Квантовые приборы оптического диапазона	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Фотоприемники оптического излучения	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Основные приборы квантовой электроники и	ПКР-3, ПКР-6, ПКС-1	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
области их применения		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

		Формулировка требований к степени сформированности			
Оценка	Баллы за ОМ	планируем	мых результатов об	учения	
		знать	уметь	владеть	
2	< 60% от	отсутствие знаний	отсутствие	отсутствие	
(неудовлетворительно)	максимальной	или фрагментарные	умений или	навыков или	
	суммы баллов	знания	частично	фрагментарные	
			освоенное	применение	
			умение	навыков	
3	от 60% до	общие, но не	в целом успешно,	в целом	
(удовлетворительно)	69% от	структурированные	но не	успешное, но не	
	максимальной	знания	систематически	систематическое	
	суммы баллов		осуществляемое	применение	
			умение	навыков	

4 (хорошо)	от 70% до	сформированные,	в целом	в целом
	89% от	но содержащие	успешное, но	успешное, но
	максимальной	отдельные	содержащие	содержащие
	суммы баллов	проблемы знания	отдельные	отдельные
			пробелы умение	пробелы
				применение
				навыков
5 (отлично)	≥ 90% от	сформированные	сформированное	успешное и
	максимальной	систематические	умение	систематическое
	суммы баллов	знания		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	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале		
(неудовлетворительно)	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	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Обучающихся знает		
(удовлетворительно)	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?
  - Это излучение, которое излучает атом при воздействии на него фотона с энергией кванта, равной энергетическому интервалу между возбужденным и основным состояниями;
  - это излучение, которое излучает атом при воздействии на него фонона с энергией, равной энергетическому интервалу между возбужденным и основным состояниями;
  - это излучение, которое излучает атом при отсутствии какого-либо внешнего воздействия на него:
  - это излучение, которое излучает решетка при воздействии на нее фонона с энергией, равной энергетическому интервалу между соседними возбужденными состояниями решетки.
- 2. Какова физическая природа инверсии населенности в лазерах?
  - Физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхних энергетических уровнях находятся атомы, а на нижних уровнях ионы;
  - физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхние

энергетические уровни заселены больше, чем нижние уровни;

- физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что на верхних энергетических уровнях концентрация атомов выше, чем это следует из распределения Максвелла-Больцмана;
- физическая сущность инверсии населенности заключается в том, что верхние энергетические уровни не заселены вообще, а нижние уровни заполнены до большей концентрации, чем это следует из распределения Максвелла-Больцмана;
- 3. Для каких целей применяется накачка в лазерах?
  - · Накачка необходима для создания инверсии населенности в активном веществе лазера;
  - . накачка необходима для накачивания в активную часть лазера охлаждающей жидкости;
  - · накачка необходима для накачивания в резонатор между зеркалами газа, обеспечивающего когерентность оптического излучения;
  - · накачка необходима для накачивания в резонатор между зеркалами газа, обеспечивающего параллельность зеркал резонатора вне зависимости от температуры окружающей среды;
- 4. Почему для создания лазера в оптическом диапазоне нельзя пользоваться закрытыми резонаторами, а пользуются только открытыми?
  - Открытые резонаторы позволяют вести юстировку зеркал, наблюдая переход спонтанного излучения в вынужденное непосредственно по цвету рабочего вещества;
  - У закрытых резонаторов спектр собственных частот сильно разрежен и не охватывает требуемые полосы излучения в оптическом диапазоне;
  - · У закрытых резонаторов спектр собственных частот слишком плотный, что приводит к потере им резонансных свойств.
  - · У закрытых резонаторов из-за глухих стенок по всем терм координатам отсутствует возможность вывода оптического излучения наружу.
- 5. Что такое оптическая индикатриса кристалла заданной симметрии кристалла?
  - Это прямая линия, вдоль которой распространяется необыкновенная волна;
  - Это указательная поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла;
  - Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической проницаемости кристалла;
  - Это характеристическая поверхность тензора диэлектрической непроницаемости кристалла.
- 6. Какие требования на время жизни атомов накладывается на верхний и нижний уровни перехода, который используют для генерации оптического излучения?
  - Времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода должны быть как можно меньше, чтобы облегчить условия создания инверсии населенности за счет быстрого опустошения верхнего уровня излучающего перехода;
  - Времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода должны быть как можно больше, чтобы облегчить создание инверсии населенности за счет быстрого накопления атомов на верхнем уровне излучающего перехода;
  - Время жизни атомов на верхнем уровне излучающего перехода должно быть как можно больше, на нижнем уровне как можно меньше, чтобы облегчить создание инверсии населенности за счет быстрого накопления атомов на верхнем уровне излучающего перехода и быстрого освобождения нижнего уровня;
  - · На времена жизни атомов на верхнем и на нижнем уровнях излучающего перехода никаких ограничений нет, поскольку время их пребывания на них определяется мощностью накачки.
- 7. Для чего в газовом лазере на основе смеси гелия и неона используют гелий?
  - Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, передают им свою избыточную энергию, что приводит к инверсии населенности в гелиевой среде, а затем и генерации света;
  - Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, объединяются в смесь, которая получает инверсию населенности и генерирует свет требуемой длины волны;
  - Молекулы гелия, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с атомами неона,

ионизируют их за счет туннельной передачи своей энергии, что приводит к инверсии населенности в неоно-гелиевой среде, а затем и генерации света;

- · Гелий имеет меньшую молярную массу, чем неон, и потому его введение улучшает отвод тепла от газовой смеси к стенкам стеклянного сосуда.
- 8. Что такое время релаксации фотопроводимости?
  - · Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, передают им свою избыточную энергию, что приводит к инверсии населенности в гелиевой среде, а затем и генерации света;
  - · Молекулы неона, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с ионами гелия, объединяются в смесь, которая получает инверсию населенности и генерирует свет требуемой длины волны;
  - · Молекулы гелия, разгоняясь в электрическом поле и сталкиваясь с атомами неона, ионизируют их за счет туннельной передачи своей энергии, что приводит к инверсии населенности в елий-неоновой среде, а затем и генерации света;
  - · Гелий имеет меньшую молярную массу, чем неон, и потому его введение улучшает отвод тепла от газовой смеси к стенкам стеклянного сосуда.
- 9. Какова физическая причина возникновения барьерной фотоэдс?
  - Причиной возникновения барьерной фотоэдс является наличие встроенного электрического поля p-n перехода, которое разделяет неравновесные носители заряда, образуя диполь, который уменьшает контактное поле барьера;
  - барьерная фотоэдс имеет своей физической причиной различие в скоростях электрического дрейфа неравновесных электронов и дырок в поле p-n перехода;
  - · барьерная фотоэдс имеет своей физической причиной различие в скоростях градиентного дрейфа неравновесных электронов и дырок от места освещения полупроводника;
  - · барьерная фотоэдс образуется в неоднородных полупроводниках с барьером, созданным внешним магнитным полем.
- 10. Как на основе p-n перехода сделать эффективный источник когерентного оптического излучения?
  - · Для получения эффективного источника когерентного излучения необходим сильно легированный донорной примесью полупроводниковый образец с плоскими полированными торцами, который подвергают облучению высокоэнергетичных электронов;
  - трания оффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими полированными торцами, изготовленный из полупроводника с малым временем излучательной рекомбинации, сместить большим внешним напряжением в прямом направлении;
  - для получения эффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими полированными торцами, изготовленный из полупроводника с большим временем излучательной рекомбинации, сместить небольшим внешним напряжением в прямом направлении;
  - · для получения эффективного источника когерентного излучения необходимо p-n переход с плоскими торцами, изготовленный из полупроводника с малым временем излучательной рекомбинации, сместить большим внешним напряжением в обратном направлении.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

- 1. Какими параметрами описываются эмиссионные свойства твердых тел и каков их физический смысл?
- 2. Каковы механизмы взаимодействия квантов света с атомами вещества и каково их физическое содержание?
- 3. Какие механизмы уширения спектральных линий излучения квантовых систем существуют и каково их физическое содержание?
- 4. Какое свойство фотопроводимости описывает время её релаксации и как его находят экспериментально?
- 5. Каковы физические причины возникновения барьерной фотоэдс в полупроводниковом р- n переходе?

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

- 1. Измерение ширины запрещенной зоны полупровводника методом температурного сканирования
- 2. Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития
- 3. Параметры и свойства фотопроводимости полупрвоводниковых фоторезисторов
- 4. Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники.

### 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	Преимущественно письменна	
	самостоятельные работы, вопросы	проверка	
	к зачету, контрольные работы		
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к	Преимущественно устная	
	зачету, опрос по терминам	проверка (индивидуально)	
С нарушениями опорно-	Решение дистанционных тестов,	Преимущественно	
двигательного аппарата	контрольные работы, письменные	дистанционными методами	
	самостоятельные работы, вопросы		
	к зачету		

С ограничениями по	Тесты, письменные	Преимущественно проверка	
общемедицинским	самостоятельные работы, вопросы	методами, определяющимися	
показаниям	к зачету, контрольные работы,	исходя из состояния	
	устные ответы	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 № 73 от «12 » 12 2018 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c- 9fb4-5f882facc349
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
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