МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИБОРЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	14	14	часов
Практические занятия	14	14	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6

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

Томск

Согласована на портале № 67280

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является формирование единого подхода к пониманию диалектики создания и развития приборов квантовой электроники и фотоники на основе изучения принципов работы приборов, взаимосвязи их функциональных возможностей и параметров со свойствами и параметрами используемых материалов электронной техники.

1.2. Задачи дисциплины

1. 1. Изучение принципов действия, функциональных возможностей, конструкции и технологии изготовления приборов квантовой электроники и фотоники, основных типов, параметров, характеристик и условий их применения.

2. 2. Приобретение навыков решения типовых задач по расчету характеристик и параметров приборов квантовой электроники и фотоники в приложении к прикладным разработкам и научным исследованиям.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.07.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

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

Согласована на портале № 67280

ПКР-3. Способен к разработке технических заданий на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией	ПКР-3.1. Разрабатывает технические задания и исходные данные для оформления конструкторской документации на проектирование оснастки и специального инструмента.	Технические задания и исходные данные для оформления конструкторской документации на проектирование оснастки и специального инструмента.
	ПКР-3.2. Разрабатывает габаритные чертежи специальной оснастки для изготовления оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.	Габаритные чертежи специальной оснастки для изготовления оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.
	ПКР-3.3. Разрабатывает общий вид специальной оснастки для изготовления оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.	Разработка общего вида специальной оснастки для изготовления оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.
	ПКР-3.4. Разрабатывает методику сборки и юстировки оптотехники и оптико-электронных приборов и комплексов с помощью специальной оснастки.	Разработка методики сборки и юстировки оптотехники и оптико-электронных приборов и комплексов с помощью специальной оснастки.

Согласована на портале № 67280

ПКР-4. Способен к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем	ПКР-4.1. Разрабатывает программы пусконаладочных работ.	Разработка программы пусконаладочных работ.
	ПКР-4.2. Подготавливает испытательное оборудование, измерительную аппаратуру, приспособления.	Подготовка испытательного оборудования, измерительной аппаратуры, приспособлений.
	ПКР-4.3. Выполняет настройку, регулировку и испытание оборудования связи (телекоммуникации).	Настройка, регулировка и испытание оборудования связи (телекоммуникации).
	ПКР-4.4. Выполняет тестирование оборудования.	Тестирование оборудования.
	ПКР-4.5. Производит отработку режимов работы оборудования с выявлением оптимальных условий работы этого оборудования.	Отработка режимов работы оборудования с выявлением оптимальных условий работы этого оборудования.
	ПКР-4.6. Контролирует проектные параметры и режимы работы оборудования связи (телекоммуникации).	Контроль проектных параметров и режимов работы оборудования связи (телекоммуникации).
	ПКР-4.7. Составляет технические отчеты.	Составление технических отчетов.

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
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	44	44
Лекционные занятия	14	14
Практические занятия	14	14
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	64	64
Подготовка к тестированию	38	38
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	26	26
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

Согласована на портале № 67280

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 Эмиссия излучения из твердых тел	2	2	4	8	16	ПКР-3, ПКР-4
2 Спонтанное и вынужденное излучение атома	2	2	-	2	6	ПКР-3, ПКР-4
3 Возбуждение активного вещества (накачка)	1	2	-	4	7	ПКР-3, ПКР-4
4 Оптические резонаторы	1	-	-	6	7	ПКР-3, ПКР-4
5 Распространение и преобразование лазерных пучков	1	2	-	6	9	ПКР-3, ПКР-4
6 Распространение света в анизотропных средах	2	2	4	10	18	ПКР-3, ПКР-4
7 Квантовые приборы оптического диапазона	2	-	-	10	12	ПКР-3, ПКР-4
8 Фотоприемники оптического излучения	2	4	4	10	20	ПКР-3, ПКР-4
9 Основные приборы квантовой электроники и фотоники	1	-	4	8	13	ПКР-3, ПКР-4
Итого за семестр	14	14	16	64	108	
Итого	14	14	16	64	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 Эмиссия излучения из твердых тел	Излагаются основные процессы излучения из твердых телах, параметры их характеризующие, разновидности люминесценции, спектр излучения и сдвига Франка - Кордона, зависимость эмиссии от легирования полупроводников	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
2 Спонтанное и вынужденное излучение атома	Феноменологическое описание излучения атомов, принцип создания генератора света, дипольная модель излучения атома, механизмы уширения спектральных линий.	2	ПКР-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 67280

3 Возбуждение активного вещества (накачка)	Общие принципы накачки,, двухуровневая схема накачки, трехуровневая схема накачки, четырехуровневая схема накачки.	1	ПКР-3
	Итого	1	
4 Оптические резонаторы	Основные понятия теории резонаторов, свойства плоского резонатора.	1	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	1	
5 Распространение и преобразование лазерных пучков	Отражение, преломление и рефракция света, рассеяние света, планарный диэлектрический волновод	1	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	1	
6 Распространение света в анизотропных средах	Электромагнитые волны в диэлектрических кристаллах,оптическая индикатриса, применение двулучепреломления в квантовой электронике и фотонике.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
7 Квантовые приборы оптического диапазона	Квантовые генераторы оптического диапазона, полупроводниковые лазеры, применение нанообъектов в конструкции полупроводниковых лазеров	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
8 Фотоприемники оптического излучения	Общие сведения о фотоприемниках, классификация и технические характеристики фотодетекторов, тепловые приемники, фоторезисторы, типичные параметры фоторезисторов, фотовольтаические эффекты в полупроводниках, электронно-дырочные переходы, барьерная фотоэдс, типичные параметры фотодиодов, разновидности фотовольтаических приемников	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
9 Основные приборы квантовой электроники и фотоники	Лазеры и излучающие устройства различного назначения, основные преобразователи лазерного излучения, обрасти применения приборов квантовой электроники и фотоники	1	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	1	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

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			

Согласована на портале № 67280

1 Эмиссия излучения из твердых тел	Вычисление внутренней и внешней квантовой эффективности процесса эмиссии излучения твердотельного источника света	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
2 Спонтанное и вынужденное излучение атома	Вычисление коэффициентов Эйнштейна для твердотельного источника когерентного излучения, определение эмиссионных параметров светодиодов и лазеров.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
3 Возбуждение активного вещества (накачка)	Расчет вероятностей переходов между уровнями энергии в рубиновом лазере для достижения инверсии начеленности	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
5 Распространение и преобразование лазерных пучков	Расчет параметров преобразования лазерного излучения в изотропных и анизотропных средах	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
6 Распространение света в анизотропных средах	Вычисление фазовых скоростей распространения обыкновенной и необыкновенной электромагнитной волны в кристалле ниобата лития.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
8 Фотоприемники оптического излучения	Расчет фотопроводимости полупроводникового фоторезистора в зависимости от его размеров и параметров полупроводника	2	ПКР-3, ПКР-4
	Расчет шумовых свойств и пороговой мощности полупроводникового фотоприемника на основе фоторезистора	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	4	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

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			
1 Эмиссия излучения из твердых тел	Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования	4	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 67280

6 Распространение света в анизотропных средах	Исследование эффекта двулучепреломления в кристаллах ниобата лития	4	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	4	
8 Фотоприемники оптического излучения	Свойства и параметры фотопроводимости в полупроводниковых фоторезисторах	4	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	4	
9 Основные приборы квантовой электроники и фотоники	Исследование шумовых свойств приборов оптоэлектроники	4	ПКР-3, ПКР-4
	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 (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Эмиссия излучения из твердых тел	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	8		
2 Спонтанное и вынужденное излучение атома	Подготовка к тестированию	2	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Итого	2		
3 Возбуждение активного вещества (накачка)	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Итого	4		
4 Оптические резонаторы	Подготовка к тестированию	6	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Итого	6		
5 Распространение и преобразование лазерных пучков	Подготовка к тестированию	6	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Итого	6		
6 Распространение света в анизотропных средах	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	10		

Согласована на портале № 67280

7 Квантовые приборы оптического диапазона	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	10		
8 Фотоприемники оптического излучения	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Итого	10		
9 Основные приборы квантовой электроники и фотоники	Подготовка к тестированию	4	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа
	Итого	8		
Итого за семестр		64		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		100		

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.	
ПКР-3	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-4	+	+	+	+	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	10	30
Тестирование	10	10	20	40
Экзамен				30

Согласована на портале № 67280

Итого максимум за период	20	20	30	100
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 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. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2016. 139 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5963.

3. Приборы квантовой электроники и фотоники: Учебное пособие / В. Н. Давыдов - 2018. 116 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7260.

7.2. Дополнительная литература

1. Малышев, Владимир Александрович. Основы квантовой электроники и лазерной техники.: Учебное пособие для вузов./В.А. Малышев. - М.: Высшая школа, 2005, 542[2] с. :ил., табл. - Библиогр.: 536-539. - ISBN 5-06-004853-5.:295.24 р. УДК 621.383.8(075.8 : Библиотека ТУСУР) (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

2. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника [Текст] : учебное пособие для вузов./ В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний. - 2012. - 224 с. :лил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце частей. - ISBN 978-5-94-914-4.: УДК 621.382 --022.532(075.8). : Библиотека ТУСУР, (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 67280

1. Физические основы оптоэлектроники: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов / В. Н. Давыдов - 2011. 111 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1594.

2. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: Методические указания к практическим занятиям / А. С. Мягков - 2012. 53 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2495.

3. Измерение ширины запрещенной зоны полупроводника методом температурного сканирования: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8701.

4. 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.

5. Свойства и параметры фотопроводимости полупроводниковых фоторезисторов: Методические указания к лабораторной работе / В. Н. Давыдов - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8691.

6. Исследование свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / В. Н. Давыдов - 2016. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5969.

7. Приборы квантовой электроники и фотоники: Методические указания по самостоятельной работе / А. С. Мягков - 2012. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2285.

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

Согласована на портале № 67280

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

Преподавательская: помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 215 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер (2 шт.);
- 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

Согласована на портале № 67280

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 Эмиссия излучения из твердых тел	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Спонтанное и вынужденное излучение атома	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Возбуждение активного вещества (накачка)	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Оптические резонаторы	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Распространение и преобразование лазерных пучков	ПКР-3, ПКР-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Распространение света в анизотропных средах	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Квантовые приборы оптического диапазона	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 67280

8 Фотоприемники оптического излучения	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Основные приборы квантовой электроники и фотоники	ПКР-3, ПКР-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

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

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 67280

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?
   · 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

Согласована на портале № 67280

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.

Согласована на портале № 67280

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;
   · для получения эффективного 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.

Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
1. Что такое коэффициент усиления фотопроводимости?
2. Что такое барьерная фотоэдс и в каких условиях она возникает?
3. Что такое эффект двулучепреломления и как его используют в квантовой электронике?
4. Каков принцип создания источника когерентного излучения?
5. Как влияет легирование полупроводника на его эмиссионные свойства?

Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
1. Как экспериментально измерить ширину запрещённой зоны полупроводника?
2. Что описывают полевые и частотные зависимости фотопроводимости?
3. Зачем при исследовании фотопроводимости к фоторезистору прикладывают постоянное напряжение?
4. Почему при измерении вольтамперной характеристики p-n перехода диапазон положительных напряжений ограничен значением в 0.5 В, а диапазон отрицательных напряжений значительно шире?
5. Почему при исследовании излучающих свойств p-n перехода к нему прикладывают отпирающее напряжение?

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 свойств p-n переходов в приборах оптоэлектроники

Темы практических заданий
1. Элементы зонной теории твердых тел: понятие энергетической диаграммы, долинного

Согласована на портале № 67280

спектра. функции плотности состояния, уровня Ферми.
2. Эмиссионные свойства твердых тел: внутренний и внешний параметры эмиссии излучения, способы создания накачки, влияние лигатуры на эмиссионные свойства полупроводника.
3. Механизмы взаимодействия излучения с твердым телом: коэффициент отражения, коэффициент поглощения, закон Бугера - Ламберта, собственное и примесное поглощение, зависимость коэффициента поглощения от параметров поглощающих центров.
4. Вероятности взаимодействия кванта света с атомной системой: спонтанное излучение, вынужденное поглощение, вынужденное излучение, инверсия населенности, принцип создания когерентного источника оптического излучения.
5. Дипольная модель излучения атома, спектр излучения, лоренцева форма спектра, понятие добротности, механизмы уширения спектра излучения.
6. Свойства оптического резонатора: собственные частоты, аксиальные и неаксиальные типы колебаний, планарное распределение интенсивности для различных мод.
7. Фотопроводимость в полупроводниках, её свойства, параметры, применение.
8. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках: барьерная фотоэдс, её свойства, характеристические параметры, разновидности.
9. Эффект двулучепреломления в кристаллах с анизотропией оптических свойств: условия возникновения эффекта, его физическое содержание, математическое описание, использование на практике.

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 p-n переходе?

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 в полупроводниковых фоторезисторах
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:

Согласована на портале № 67280

– 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,

Согласована на портале № 67280

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 67280

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

Согласована на портале № 67280