МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовые и оптические системы связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	86	86	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	5

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 79189

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка студентов в области элементной базы систем оптической связи.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение физических основ, принципов работы и построения оптоэлектронных и квантовых элементов, устройств и приборов, используемых в оптических системах.
2. Изучение характеристик и параметров важнейших приборов и устройств, используемых в оптических системах связи.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.05.
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 № 79189

ПК-1. Способен выполнять математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов инфокоммуникационн ых сетей и систем по типовым методикам для решения профессиональных задач	ПК-1.1. Знает методы математического и компьютерного моделирование объектов и процессов инфокоммуникацион ных сетей и систем по типовым методикам для решения профессиональных задач	Знает методы математического и компьютерного моделирования оптоэлектронных и квантовых приборов для инфокоммуникационных сетей и систем.
	ПК-1.2. Умеет использовать математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов инфокоммуникацион ных сетей и систем по типовым методикам для решения профессиональных задач	Умеет использовать основные законы физической и квантовой оптики для математического и компьютерного моделирования оптоэлектронных и квантовых приборов для инфокоммуникационных сетей и систем.
	ПК-1.3. Владеет навыками математического и компьютерного моделирования объектов и процессов инфокоммуникацион ных сетей и систем по типовым методикам для решения профессиональных задач	Владеет навыками математического и компьютерного моделирования оптоэлектронных и квантовых приборов и направляющих оптических структур.

Согласована на портале № 79189

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационн ых систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-2.1. Знает методы расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникацион ных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Знает методы расчета и проектирования оптоэлектронных и квантовых приборов и методы оптимизации их характеристик.
	ПК-2.2. Умеет выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникацион ных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Умеет выполнять расчет и проектирование оптоэлектронных и квантовых приборов в соответствии с техническим заданием.
	ПК-2.3. Владеет мтодами расчета и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	Владеет методами расчета и проектирования оптоэлектронных и квантовых приборов инфокоммуникационных систем.
ПК-5. Способен разрабатывать эскизные и технические проекты, технические задания на разработку составных частей систем квантовых коммуникаций	ПК-5.1. Знает методы расчета и проектирования элементов и составных частей систем квантовых коммуникаций	Знает принципы построения, особенности и характеристики квантовых коммуникаций.
	ПК-5.2. Умеет разрабатывать эскизные и технические проекты, технические задания на разработку составных частей систем квантовых коммуникаций	Умеет применять на практике известные методы расчета составных частей систем квантовых коммуникаций.
	ПК-5.3. Владеет методами расчета и проектирования элементов и составных частей систем квантовых коммуникаций	Владеет навыками чтения и изображения схем квантовых коммуникаций на основе современной элементной базы.

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

Согласована на портале № 79189

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	58	58
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	86	86
Подготовка к зачету	31	31
Подготовка к тестированию	25	25
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	30	30
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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Введение	1	-	-	2	3	ПК-1, ПК-2, ПК-5
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	4	4	4	20	32	ПК-1, ПК-2, ПК-5
3 Оптические резонаторы и селекция мод	4	4	4	20	32	ПК-1, ПК-2, ПК-5
4 Типы и режимы работы лазеров	4	4	4	20	32	ПК-1, ПК-2, ПК-5
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	4	2	-	4	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5
6 Полупроводниковые источники излучения	4	2	-	4	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	2	-	-	4	6	ПК-1, ПК-2, ПК-5
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	2	2	-	4	8	ПК-1, ПК-2, ПК-5
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	2	-	-	4	6	ПК-1, ПК-2, ПК-5
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	1	-	-	4	5	ПК-1, ПК-2, ПК-5
Итого за семестр	28	18	12	86	144	
Итого	28	18	12	86	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 79189

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
5 семестр			
1 Введение	Этапы развития квантовой электроники. Основные приборы и устройства систем оптической связи и информатики. Задачи курса.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Индуцированные и спонтанные переходы. Инверсия населенностей. Ширина спектральной линии. Механизмы уширения спектральных линий. Взаимодействие бегущих электромагнитных волн с активной средой. Закон Бугера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
3 Оптические резонаторы и селекция мод	Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо. Моды продольные и поперечные. Спектральные характеристики. Многослойные диэлектрические покрытия и интерференционные фильтры. Перестраиваемые резонаторы. Селекция продольных и поперечных мод.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
4 Типы и режимы работы лазеров	Теоретические основы. Трех- и четырехуровневые лазеры. Стационарные режимы лазеров. Оптимальная обратная связь. Импульсные режимы. Модуляция добротности и синхронизация мод. Типы лазеров (газовые, твердотельные, жидкостные) и методы их накачки.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	Одно-, двух-, трех- и четырехкомпонентные полупроводники. Диаграмма связи постоянной кристаллической решетки и ширины запрещенной зоны трех- и четырехкомпонентных полупроводников. Гетеропереходы.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	

Согласована на портале № 79189

6 Полупроводниковые источники излучения	Полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды (СИД) на двойных гетеропереходах: принцип работы, устройства, характеристики, параметры. Лазеры с распределенной обратной связью и распределенными брэгговскими зеркалами. Лазеры на квантоворазмерных эффектах и сверхрешетках. Оптические усилители: полупроводниковые и волоконные. Шумовые характеристики лазеров.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	Непосредственная модуляция полупроводникового лазера по цепи питания. Внешние модуля-торы: электрооптические и акустооптические - параметры и характеристики. Осуществление разных видов модуляции. Дефлекторы.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	Характеристики фотодиодов (ФД). Основные типы ФД: pin- и лавинные. Гетероструктурные ФД. Фотоприемные устройства. Шумовые характеристики фотоприемных устройств.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	Диэлектрические оптические волноводы. Волноводно-оптические элементы и схемы. Материалы интегральной оптики. Нелинейная поляризация. Генерация гармоник. Самофокусировка. Многофотонные эффекты. Оптические солитоны. Запись и считывание голограмм. Основные соотношения. Опорный и предметный пучки. Перспективы использования голографии.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	Место оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи. Требуемые характеристики полупроводниковых излучателей и фотоприемников для применения в современных системах связи.	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	1	

Согласована на портале № 79189

Итого за семестр	28	
Итого	28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Энергия кванта монохроматических источников излучения оптического диапазона.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Ширина спектральной линии. Механизмы уширения спектральных линий.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
3 Оптические резонаторы и селекция мод	Расчет характеристик оптических резонаторов.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
4 Типы и режимы работы лазеров	Расчет условий усиления и генерации колебаний в квантовых системах.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	Расчет характеристик одно-, двух-, трех- и четырехкомпонентных полупроводников.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
6 Полупроводниковые источники излучения	Характеристики электрооптических и акустооптических модуляторов.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	Расчет параметров pin- и лавинных фотодиодов.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	2	
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
5 семестр			
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Исследование пространственной когерентности излучения газовых и твердотельных лазеров	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	

Согласована на портале № 79189

3 Оптические резонаторы и селекция мод	Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
4 Типы и режимы работы лазеров	Исследование режима модуляции добротности твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd3+.	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

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
5 семестр				
1 Введение	Подготовка к зачету	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	2		
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Подготовка к зачету	6	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Лабораторная работа
	Итого	20		
3 Оптические резонаторы и селекция мод	Подготовка к зачету	6	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Лабораторная работа
	Итого	20		

Согласована на портале № 79189

4 Типы и режимы работы лазеров	Подготовка к зачету	6	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Лабораторная работа
	Итого	20		
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
6 Полупроводниковые источники излучения	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	Подготовка к зачету	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		86		
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

Согласована на портале № 79189

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование
ПК-2	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование
ПК-5	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование

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
5 семестр				
Зачёт	15	15	15	45
Лабораторная работа	0	5	10	15
Тестирование	10	15	15	40
Итого максимум за период	25	35	40	100
Нарастающим итогом	25	60	100	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)

Согласована на портале № 79189

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Оптические системы и сети связи» / А. С. Перин, Л. И. Шангина - 2018. 302 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10350.
2. Пихтин, Александр Николаевич. Квантовая и оптическая электроника [Текст]: учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. 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. Исследование пространственной когерентности излучения газовых и твердотельных лазеров: Методические указания к лабораторным работам / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10656.
2. Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров: Методические указания к лабораторным работам / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 18 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10658.
3. Исследование режима модуляции добротности твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd3+: Методические указания к лабораторной работе / А. Д. Безпалый, А. Е. Мандель - 2023. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10655.
4. Квантовая и оптическая электроника: Учебное методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / А. С. Перин, Л. И. Шангина - 2018. 227 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10351.

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

Согласована на портале № 79189

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 "Электронных, квантовых и СВЧ приборов": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Осциллограф Tektronix TDS 2012B;
- Генератор сигналов АКИП-3417/2 - 2 шт.;
- Генератор импульсов Г5-54;
- Источник питания GWINSTEK GPS-73030D - 2 шт.;
- Осциллограф KEYSIGHT SDOX1204A;
- Генератор сигналов Г4-126;
- Источник питания УИП-1;
- Генератор сигналов Anritsu MG3670G;
- Частотомер Ч2-32 - 2 шт.;
- Лазер ЛГН-207А - 3 шт.;
- Оптическая скамья ОСК-3 - 3 шт.;
- Вольтметр цифровой GDM-8145 - 2 шт.;
- Комплект лабораторных работ по "Фурье-Оптике" - 3 шт.;
- Проектор;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория "Электронных, квантовых и СВЧ приборов": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329а ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Осциллограф Tektronix TDS 2012B;
- Генератор сигналов АКИП-3417/2 - 2 шт.;
- Генератор импульсов Г5-54;
- Источник питания GWINSTEK GPS-73030D - 2 шт.;
- Осциллограф KEYSIGHT SDOX1204A;
- Генератор сигналов Г4-126;
- Источник питания УИП-1;
- Генератор сигналов Anritsu MG3670G;
- Частотомер Ч2-32 - 2 шт.;
- Лазер ЛГН-207А - 3 шт.;
- Оптическая скамья ОСК-3 - 3 шт.;
- Вольтметр цифровой GDM-8145 - 2 шт.;
- Комплект лабораторных работ по "Фурье-Оптике" - 3 шт.;
- Проектор;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Согласована на портале № 79189

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 79189

2 Физические основы и особенности квантовых приборов	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Оптические резонаторы и селекция мод	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Типы и режимы работы лазеров	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Полупроводниковые источники излучения	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	ПК-1, ПК-2, ПК-5	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

Согласована на портале № 79189

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

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **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

Согласована на портале № 79189

1. Какие виды квантовых переходов дают возможность генерирования когерентного излучения при взаимодействии электромагнитного поля с квантовыми системами?
   а) Спонтанные переходы.
   б) Индуцированные переходы.
   в) Безызлучательные переходы.
   г) Виртуальные переходы.
2. Продольные моды в резонаторе Фабри-Перо формируются, если при распространении плоской световой волны на его длине укладывается:
   а) Нечетное число полуволн.
   б) Четное число полуволн.
   в) Целое число полуволн.
   г) Все ответы верны.
3. В режиме свободной генерации излучение твердотельного лазера при импульсной накачке представляет собой:
   а) Непрерывное излучение.
   б) Периодическую последовательность импульсов одинаковой амплитуды.
   в) Одиночный импульс с высокой энергией.
   г) Последовательность нерегулярных по частоте и амплитуде импульсов.
4. Какой характер имеет лазерное излучение в режиме синхронизации мод?
   а) Непрерывное излучение.
   б) Периодическую последовательность коротких импульсов с высокой мгновенной мощностью.
   в) Одиночный импульс с высокой энергией.
   г) Мощное некогерентное излучение.
5. Что из себя представляет активная среда в газовых лазерах?
   а) Одноатомный газ.
   б) Газ, смесь газов или смесь газов с парами металлов.
   в) Двухатомный газ.
   г) Нет верного ответа.
6. Какой должна быть энергия фотона для его поглощения в полупроводниковом материале?
   а) Больше ширины запрещенной зоны полупроводника.
   б) Меньше ширины запрещенной зоны полупроводника.
   в) Меньше половины ширины запрещенной зоны полупроводника.
   г) Нет верного ответа.
7. Что представляет из себя полупроводниковый гетеропереход?
   а) Контакт двух полупроводников с разной шириной запрещенных зон.
   б) Область полупроводника с изменением типа проводимости.
   в) Контакт двух полупроводников с одинаковой шириной запрещенных зон.
   г) Нет верного ответа.
8. Возможно ли достижение состояния с инверсией населенностей в p-n переходе?
   а) Да.
   б) Нет.
   в) Возможно только при равенстве нулю абсолютной температуры среды.
   г) Оно существует в таком переходе всегда.
9. Нужен ли оптический резонатор для работы светодиода?
   а) Да.
   б) Не обязателен.
   в) Нужен, в виде внешнего резонатора Фабри-Перо.
   г) Нет верного ответа.
10. Какое устройство называют оптическим усилителем?
    а) Оптическое устройство для усиления электрических сигналов.
    б) Радиоэлектронный прибор для усиления оптических сигналов.
    в) Оптический элемент или устройство для усиления светового поля.
    г) Нет верного ответа.
11. В чем суть электрооптического эффекта?
    а) Это усиление электрических сигналов при воздействии света на среду.

Согласована на портале № 79189

б) Это изменение оптического поглощения в среде при воздействии электрического поля.
в) Это изменение показателя преломления среды при воздействии электрического поля.
г) Нет верного ответа.

12. При каком смещении работает полупроводниковый фотодиод на основе p-n перехода?
    а) При прямом.
    б) При обратном.
    в) При прямом смещении, близком к напряжению пробоя.
    г) Нет верного ответа.
13. Параметры каких элементов могут меняться при воздействии света?
    а) Проводников.
    б) Полупроводников.
    в) Полупроводниковых и диэлектрических.
    г) Нет верного ответа.
14. Зависят ли шумовые характеристики фотодиода от температуры?
    а) Нет.
    б) Да.
    в) Это основной принцип работы фотодиода.
    г) Нет верного ответа.
15. При какой величине напряженности электрического поля в световой волне проявляется оптическая нелинейность материала?
    а) Если она больше напряженности внутриатомного поля.
    б) Если она сравнима с напряженностью внутриатомного поля.
    в) Если она больше напряженности электрического поля, соответствующей электрическому пробою среды.
    г) Нет верного ответа.
16. Какова основная цель при реализации эффектов параметрического усиления?
    а) Генерирование длинноволнового излучения при коротковолновой накачке.
    б) Генерирование коротковолнового излучения при длинноволновой накачке.
    в) Генерация второй гармоники излучения накачки.
    г) Нет верного ответа.
17. Может ли наблюдаться эффект самофокусировки светового пучка в оптически изотропной среде?
    а) Да.
    б) Нет.
    в) Он наблюдается только в электрооптических кристаллах.
    г) Нет верного ответа.
18. Возможно ли поглощение света в среде, если энергия фотона меньше ширины запрещенной зоны?
    а) Да.
    б) Нет.
    в) Да, если энергия фотона чуть больше половины ширины запрещенной зоны, а интенсивность света очень высока.
    г) ПНет верного ответа.
19. Изменяется ли частота света при Рэлеевском рассеянии?
    а) Да.
    б) Нет.
    в) Она изменяется при любом рассеянии.
    г) Нет верного ответа.
20. В чем заключается основное отличие голографии от фотографии?
    а) Голографический принцип позволяет сохранить информацию о частоте излучения.
    б) Голографический принцип позволяет сохранить информацию о фазе светового поля.
    в) Голографический принцип позволяет сохранить информацию об интенсивности светового поля.
    г) Нет верного ответа.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Постоянная Планка, связь между частотой и энергией, импульсом и волновым вектором

Согласована на портале № 79189

фотона.
2. Правило частот Бора.
3. Волна де Бройля, физический смысл волновой функции.
4. Уравнение Шредингера.
5. Типичная структура системы энергетических уровней молекулы.
6. Виды квантовых переходов (спонтанные и индуцированные переходы).
7. Различия в характеристиках спонтанного и индуцированного излучения.
8. Коэффициенты Эйнштейна для спонтанных и индуцированных переходов. Соотношение между коэффициентами Эйнштейна.
9. Механизмы уширения спектральных линий для активных сред в разном агрегатном состоянии. Естественная ширина спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение.
10. Условия усиления колебаний в квантовых системах.
11. Понятие отрицательной температуры (инверсии населенностей).
12. Кинетические уравнения для двухуровневой квантовой системы.
13. Взаимодействие плоской световой волны с активной средой.
14. Способы достижения инверсии населенностей в квантовых системах.
15. Открытый оптический резонатор. Продольные и поперечные моды в резонаторе Фабри-Перо. Соотношения для собственных частот продольных мод и межмодового расстояния.
16. Добротность открытого оптического резонатора.
17. Перестраиваемые оптические резонаторы. Селекция продольных и поперечных мод.
18. Многослойные диэлектрические покрытия и интерференционные фильтры.
19. Условия самовозбуждения лазера.
20. Трех- и четырехуровневые лазеры. Стационарные режимы работы лазеров. Оптимальная обратная связь. Импульсные режимы. Синхронизация мод. Модуляция добротности.
21. Типы газовых лазеров. Основные отличия атомарных, ионных и молекулярных лазеров.
22. Твердотельные лазеры. Особенности накачки.
23. Особенности волоконно-оптических лазеров.
24. Материалы полупроводниковой оптоэлектроники. Условия поглощения и излучения света в полупроводнике. Твердые растворы замещения.
25. Инжекционный полупроводниковый лазер. Принцип работы.
26. Гетеропереходы, основные преимущества перед гомопереходами.
27. Полупроводниковый гетеролазер.
28. Полупроводниковые лазеры на сверхрешетках.
29. Светоизлучающие диоды. Особенности конструкции и основные отличия полупроводниковых светодиодов и лазеров.
30. Оптические усилители. Полупроводниковые и волоконные усилители.
31. Акустооптические модуляторы и дефлекторы света.
32. Электрооптические элементы управления оптическим излучением.
33. Фотодиоды на основе p-n перехода, p-i-n диоды, ЛФД.
34. Шумовые характеристики лазеров.
35. Шумовые характеристики фотоприемников.
36. Нелинейная поляризация среды.
37. Генерация оптических гармоник.
38. Эффект параметрического усиления света.
39. Пространственное самовоздействие световых пучков.
40. Многофотонные нелинейно-оптические эффекты.
41. Рассеяние света. Рассеяние Рэлея, комбинационное рассеяние, вынужденное рассеяние света.
42. Эффект временных и пространственных оптических солитонов.
43. Физические основы голографии.
44. Элементы интегральной оптики.
45. Оптические устройства информатики.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование пространственной когерентности излучения газовых и твердотельных лазеров

Согласована на портале № 79189

2. Исследование основных параметров газовых и твердотельных лазеров
3. Исследование режима модуляции добротности твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd3+.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

Согласована на портале № 79189

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

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

Согласована на портале № 79189

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 4 от «20» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. СВЧиКР	А.Д. Безпалый	Разработано, 79979ee5-e57e-4e4d-b64d-7426d6ed9f58

Согласована на портале № 79189