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 учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 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: **Оптические системы и сети связи**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **Заочный и вечерний факультет (ЗиВФ)**
Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	4	8	12	часов
Практические занятия	2	2	4	часов
Лабораторные занятия		8	8	часов
Самостоятельная работа	30	82	112	часов
Контрольные работы		4	4	часов
Подготовка и сдача зачета		4	4	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	36	108	144	часов
			4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Зачет с оценкой	7	
Контрольные работы	7	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 68736

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.1.4.
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 № 68736

ПКР-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ПКР-1.1. Знает принципы построения и работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи; законодательство Российской Федерации в области связи, принципы работы и архитектура различных геоинформационных систем.	Знает принципы построения и работы оптических систем и сетей связи: протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети связи; законодательство Российской Федерации в области связи, принципы работы и архитектура различных геоинформационных систем.
	ПКР-1.2. Умеет анализировать статистические параметры трафика, проводить расчет интерфейсов внутренних направлений сети, вырабатывать решения по оперативному переконфигурированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ и оборудования новых технологий; изменять параметры коммутационной подсистемы, маршрутизации трафика, прописки кодов маршрутизации, организации новых и расширении имеющихся направлений связи.	Умеет анализировать статистические параметры трафика, проводить расчет интерфейсов внутренних направлений оптической сети, вырабатывать решения по оперативному переконфигурированию оптической системы связи, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ и оборудования новых технологий; изменять параметры коммутационной подсистемы, маршрутизации трафика, прописки кодов маршрутизации, организации новых и расширении имеющихся направлений связи.
	ПКР-1.3. Умеет анализировать статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций.	Умеет анализировать статистику основных показателей эффективности оптических систем и сетей связи, разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполнять расчет пропускной способности оптических систем и сетей связи.
	ПКР-1.4. Владеет навыками разработки схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и сетевых платформ, работы на коммутационном оборудовании по обеспечению реализации услуг, развертыванию оборудования сервисных платформ, оборудования новых технологий на сети, выполнению планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.	Владеет навыками разработки схемы организации оптических систем и сетей связи
	ПКР-1.5. Владеет навыками сопровождения геоинформационных баз данных по сети радиодоступа, информационной поддержки расчетов радиопокрытия, радиорелейных и спутниковых трасс и частотно-территориального планирования в части использования картографической информации.	Владеет навыками сопровождения геоинформационных баз данных в области оптических систем и сетей связи

Согласована на портале № 68736

ПКР-2. Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов	ПКР-2.1. Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных.	Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных в том числе в области оптических систем и сетей связи
	ПКР-2.2. Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств.	Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств.
	ПКР-2.3. Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.	Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования.

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	7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	28	6	22
Лекционные занятия	12	4	8
Практические занятия	4	2	2
Лабораторные занятия	8		8
Контрольные работы	4		4
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	112	30	82
Подготовка к тестированию	46	30	16
Подготовка к зачету с оценкой	48		48
Подготовка к контрольной работе	16		16
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2		2
Подготовка и сдача зачета	4		4
Общая трудоемкость (в часах)	144	36	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	1	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Введение	2	-	-	15	17	ПКР-1, ПКР-2

Согласована на портале № 68736

2 Физические основы и особенности квантовых приборов	2	2	-	15	19	ПКР-1, ПКР-2
Итого за семестр	4	2	0	30	36	
7 семестр						
3 Оптические резонаторы и селекция мод	1	2	-	10	17	ПКР-1, ПКР-2
4 Типы и режимы работы лазеров	1	-	8	12	21	ПКР-1, ПКР-2
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
6 Полупроводниковые источники излучения	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	1	-	-	10	11	ПКР-1, ПКР-2
Итого за семестр	8	2	8	82	100	
Итого	12	4	8	112	136	

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	Этапы развития квантовой электроники. Основные приборы и устройства систем оптической связи и информатики. Задачи курса.	2	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	2	
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Ширина спектральной линии. Взаимодействие бегущих электромагнитных волн с активной средой. Закон Бугера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах.	2	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	2	
Итого за семестр		4	

Согласована на портале № 68736

7 семестр			
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.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
4 Типы и режимы работы лазеров	Теоретические основы. Трех- и четырех- уровневые лазеры. Стационарные режимы лазеров. Оптимальная обратная связь. Импульсные режимы. Модуляция добротности и синхронизация мод. Типы лазеров (газовые, твердотельные, жидкостные) и методы их накачки.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
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.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
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 квантово-размерных эффектах и сверхрешетках. Оптические усилители: полупроводниковые и волоконные. Шумовые характеристики лазеров.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 68736

7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	Непосредственная модуляция полупроводнико-вого лазера по цепи питания. Внешние модуля-торы: электрооптические и акустооптические - параметры и характеристики. Осуществление разных видов модуляции. Дефлекторы.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	Характеристики фотодиодов (ФД). Основные типы ФД: pin- и лавинные. Гетероструктурные ФД. Фотоприемные устройства. Шумовые характеристики фотоприемных устройств.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
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.	1	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
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	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	1	
Итого за семестр		8	
Итого		12	

5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1	Контрольная работа	2	ПКР-1, ПКР-2
2	Контрольная работа	2	ПКР-1, ПКР-2
Итого за семестр		4	
Итого		4	

Согласована на портале № 68736

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
7 семестр			
4 Типы и режимы работы лазеров	Исследование основных параметров газового лазера	4	ПКР-1, ПКР-2
	Исследование пространственной когерентности излучения He-Ne лазера в одномодовом режиме	4	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	8	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.5. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Квантовые переходы. Энергетические уровни, ширина спектральной линии. Усиление и генерация в квантовых системах.	2	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
7 семестр			
3 Оптические резонаторы и селекция мод	Оптические резонаторы. Условия самовозбуждения оптических квантовых генераторов.	2	ПКР-1, ПКР-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
Итого		4	

5.6. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение	Подготовка к тестированию	15	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	15		

Согласована на портале № 68736

2 Физические основы и особенности квантовых приборов	Подготовка к тестированию	15	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	15		
Итого за семестр		30		
7 семестр				
3 Оптические резонаторы и селекция мод	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
4 Типы и режимы работы лазеров	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-1, ПКР-2	Лабораторная работа
	Итого	12		
5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
6 Полупроводниковые источники излучения	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		

Согласована на портале № 68736

8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к контрольной работе	2	ПКР-1, ПКР-2	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование
	Итого	10		
Итого за семестр		82		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет с оценкой
Итого		116		

5.8. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – 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-1	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование
ПКР-2	+	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

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.

Согласована на портале № 68736

7.2. Дополнительная литература

1. 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.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам / В. Ю. Рябченок, Г. Г. Кущ, В. М. Шандаров - 2018. 83 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8914.
2. 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 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.;

Согласована на портале № 68736

- 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

Учебно-научная лаборатория ГПО "Оптоэлектроника": учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 329б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Аппаратура ЦВОЛТ Транспорт-8х30 - 2 крейта в стойке 19";
- Осциллограф цифровой Tektronix TSD 2012B;
- Генератор сигналов SFG-2110;
- Вольтметр цифровой GDM-8145;
- Осциллограф GOS 620FG;
- Стенд для записи голографических дифракционных решеток на фотополимерных материалах;
- Анализатор лазерных пучков BS-FW-FX33;
- Лазер LSD-DTL-317;
- Лазер He-Ne ЛГН - 207;
- Стол оптический "Standa";
- 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.

Согласована на портале № 68736

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-1, ПКР-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Физические основы и особенности квантовых приборов	ПКР-1, ПКР-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Оптические резонаторы и селекция мод	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Типы и режимы работы лазеров	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 68736

5 Материалы полупроводниковой микро- и оптоэлектроники. Гетеропереходы	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Полупроводниковые источники излучения	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Методы модуляции и управления оптическим излучением	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Фотодиоды и фотоприемные устройства	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Элементы интегральной оптики. Основы нелинейной оптики. Физические основы голографии	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Основы применения оптоэлектронных и квантовых приборов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи	ПКР-1, ПКР-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		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 № 68736

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 № 68736

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 волна на его длине укладывается:
   а) Нечетное число полуволн
   б) Четное число полуволн
   в) Целое число полуволн
   г) Нецелое число полуволн
3. В режиме свободной генерации лазерное излучение представляет собой:
   а) Непрерывное излучение
   б) Периодическую последовательность импульсов одинаковой амплитуды
   в) Одиночный импульс с высокой энергией
   г) Квазирегулярную последовательность импульсов с разной амплитудой
4. Какой характер имеет лазерное излучение в режиме синхронизации мод?
   а) Это непрерывное излучение
   б) Это периодическая последовательность коротких импульсов с высокой мгновенной мощностью
   в) Это одиночный импульс с высокой энергией
   г) Это мощное некогерентное излучение
5. Что из себя представляет активная среда в газовых лазерах?
   а) Это одноатомный газ
   б) Это газ, смесь газов или смесь газов с парами металлов
   в) Это двухатомный газ
   г) Правильного ответа нет
6. Какой должна быть энергия фотона для его поглощения в полупроводниковом материале?
   а) Она должна быть больше ширины запрещенной зоны полупроводника
   б) Она должна быть меньше ширины запрещенной зоны полупроводника
   в) Она должна быть меньше половины ширины запрещенной зоны полупроводника
   г) Правильного ответа нет
7. Что представляет из себя полупроводниковый гетеропереход?
   а) Это контакт двух полупроводников с разной шириной запрещенных зон
   б) Это область полупроводника с изменением типа проводимости
   в) Это контакт двух полупроводников с одинаковой шириной запрещенных зон
   г) Правильного ответа нет
8. Возможно ли достижение состояния с инверсией населенностей в p-n гомопереходе?
   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) Правильного ответа нет
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) Правильного ответа нет
11. В чем суть электрооптического эффекта?
    а) Это усиление электрических сигналов при воздействии света на среду
    б) Это изменение оптического поглощения в среде при воздействии электрического поля

Согласована на портале № 68736

в) Это изменение показателя преломления среды при воздействии электрического поля
г) Правильного ответа нет

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) Правильного ответа нет
13. Параметры каких элементов могут меняться при воздействии света?
    а) Проводников
    б) Полупроводников
    в) Полупроводниковых и диэлектрических
    г) Правильного ответа нет
14. Зависят ли шумовые характеристики фотодиода от температуры?
    а) Нет
    б) Да
    в) Это основной принцип работы фотодиода
    г) Правильного ответа нет
15. При какой 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) Правильного ответа нет
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) Правильного ответа нет
17. Может ли наблюдаться эффект самофокусировки светового пучка в оптически изотропной среде?
    а) Да
    б) Нет, только в кристаллических средах
    в) Он наблюдается только в электрооптических кристаллах
    г) Правильного ответа нет
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) Правильного ответа нет
19. Изменяется ли частота света при Рэлеевском рассеянии?
    а) Да
    б) Нет
    в) Она изменяется при любом рассеянии
    г) Правильного ответа нет
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) Правильного ответа нет

Согласована на портале № 68736

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Постоянная Планка, связь между частотой и энергией, импульсом и волновым вектором 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 населеннойстей).
12. Кинетические уравнения для двухуровневой квантовой системы.
13. Взаимодействие плоской световой волны с активной средой.
14. Способы достижения инверсии населеннойстей 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. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

Согласована на портале № 68736

1. Ширина спектральной линии активной среды составляет □ν = 1 ГГц при центральной
длине волны света 0.5 мкм. Найдите расстояние между плоскими зеркалами открытого
оптического резонатора, при котором лазер на основе такой среды может генерировать
излучение в виде одной продольной моды.
Примечание: при решении задачи необходимо изобразить схему резонатора и расположение зеркал.
2. Какой шириной запрещенной зоны должен обладать полупроводник, чтобы излучение
лазера наблюдалось на длине волны λ = 0.7 мкм, лежащей в видимой части оптического диапазона?
Примечание: в решении задачи необходимо привести зонную диаграмму и определить, к какой группе относится полупроводник (широкозонный или узкозонный).
3. Какова добротность резонатора Фабри-Перо (зеркала одинаковы), если в нем возможна
лазерная генерация на длине волны λ = 0,6 мкм при коэффициенте усиления активной
среды к а = 0,05 см -1 и потерях на рассеяние света в этой среде α = 0,05 см -1 . Длина
резонатора L = 20 см, рассеянием света и его дифракцией при отражении от зеркал можно
пренебречь. Примечание: при решении задачи необходимо изобразить схему резонатора и
расположение зеркал.
4. Вычислите частоту квантового перехода и энергию фотона, соответствующие длине волны излучения аргонового лазера λ = 516 нм.
Примечание: при решении задачи необходимо привести диаграмму уровней.
5. Вычислите частоту квантового перехода и энергию фотона, соответствующие длине волны излучения твердотельного YAG:Nd 3+лазера λ = 532 нм.
Примечание: при решении задачи необходимо привести диаграмму уровней.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование основных параметров газового лазера
2. Исследование пространственной когерентности излучения He-Ne лазера в одномодовом режиме

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;

Согласована на портале № 68736

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

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

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

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

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

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

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

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Согласована на портале № 68736

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 № 68736

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 4 от «28» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c
Декан ЗиВФ	И.В. Осипов	Согласовано, 126832c4-9aa6-45bd-8e71-e9e09d25d010

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.Ю. Попков	Согласовано, 52ae2e71-055b-4e34-bcfc-4f3ea312644e
Профессор, каф. СВЧиКР	С.Н. Шарангович	Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3-9352-43aa04a5b956

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Разработано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

Согласована на портале № 68736