

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

27.01.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

С.1.2.31 Квантовые оптические системы

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Квалификация выпускника

Специалист

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Специализация

Радиолокационные системы и комплексы

Курс 4  
Семестр 7

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	16	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	32	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	48	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	60	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	7	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиМБС	СОГЛАСОВАНО	С.А. Охотников
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

		(наименование кафедры)	
20.01.2025	протокол №	6	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Г. Хафизов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Власов Никита Михайлович, заместитель главного конструктора АО  
Марийский машиностроительный завод - заместитель начальника НТЦ «Коралл»  
Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2025 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-6 Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ	ПК-6.1 Знать методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности	<b>знания:</b> методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-6.2 Уметь применять современный математический аппарат для решения	<b>знания:</b> <b>умения:</b> применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации <b>навыки:</b>
	ПК-6.3 Владеть методами оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> методами оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов
2. ПК-7 Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ПК-7.1 Знать принципы планирования экспериментальных исследований	<b>знания:</b> принципы планирования экспериментальных исследований <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ПК-7.2 Уметь обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	<b>знания:</b> <b>умения:</b> обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных <b>навыки:</b>
	ПК-7.3 Владеть техникой проведения экспериментальных исследований	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> техникой проведения экспериментальных исследований.

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания

предшествующих дисциплин: Статистическая радиотехника (ПК-6), Проектирование интерфейсов в радиотехнике (ПК-7)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-6), Моделирование радиотехнических систем в LabView (ПК-7); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-6), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-7)

### Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, лекция с элементами мозгового штурма

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Принципы построения и характерные особенности оптических систем</b>	<b>27</b>	ПК-6, ПК-7
Лекция. Состояние и перспективы развития волоконной оптики. Принципы построения и характерные особенности оптических систем.	4	
Практическое занятие. Исследование электрооптического модулятора	8	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Домашнее задание. Изучить рекомендованную литературу.	15	
<b>Физика света в оптическом волокне</b>	<b>27</b>	ПК-6, ПК-7
Лекция. Световые волны в материальных средах и ОВ. Волоконные световоды и оптические кабели.	4	
Практическое занятие. Расчет времени жизни атомов в возбужденном состоянии. Оптические константы полупроводников	8	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Домашнее задание. Изучить рекомендованную литературу.	15	
<b>Соединения ОВ</b>	<b>27</b>	ПК-6, ПК-7
Лекция. Газовые лазеры. Твердотельные и жидкостные лазеры. Светодиоды и полупроводниковые лазеры.	4	
Практическое занятие. Расчет рабочих параметров газовых и полупроводниковых лазеров	8	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Домашнее задание. Изучить рекомендованную литературу.	15	

<b>Источники и детекторы оптического излучения</b>	<b>27</b>	ПК-6, ПК-7
Лекция. Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Оптические методы передачи и обработки информации. Источники и детекторы оптического излучения	4	
Практическое занятие. Расчет рабочих параметров полупроводниковых фотоприемников. Расчет характеристик светодиодов	8	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Домашнее задание. Изучить рекомендованную литературу.	15	
Иная контактная работа:	0	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение практические работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Пихтин, Александр Николаевич. Оптическая и квантовая электроника [Текст] : [учеб. для студентов вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника"] / А. Н.	14

	Пихтин. М.: Высшая школа, 2001. - 572 с. ISBN 5-06-002703-1. Экземпляры: всего 14.	
2.	Портнов, Эдуард Львович. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи [Текст] : [учеб. пособие по специальностям 071700 "Физика и техника опт. связи", 200900 "Сети связи и системы коммутации", 201000 "Многокан. телекоммуникац. системы"] / Э. Л. Портнов. М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 461 с. ISBN 5-93517-247-X. Экземпляры: всего 20.	20
3.	Оптические устройства в радиотехнике [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Радиотехника" направления подгот. дипломир. специалистов "Радиотехника"] / [А. Ю. Гринев и др.] ; под ред. В. Н. Ушакова. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Радиотехника, 2009. - 263 с. ISBN 978-5-88070-187-2. Экземпляры: всего 10.	10
4.	Оптическая обработка радиосигналов в реальном времени [Текст] : [производственное издание] / [О. Б. Гусев [и др.] ; под ред. С. В. Кулакова. Москва: Радио и связь, 1989. - 135 с. ISBN 5-256-00245-7. Экземпляры: всего 5.	5
5.	Воробьев, Валерий Иванович. Оптическая локация для радиоинженеров [Текст] : [научное издание] / В. И. Воробьев ; под ред. В. П. Васильева. Москва: Радио и связь, 1983. - 175, [2] с. Экземпляры: всего 5.	5
6.	Елистратова, И. Б. Оптические распределенные системы в телекоммуникациях [Электронный ресурс] / Елистратова И. Б., Первушина Л. В., Семендилова Л. В. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 132 с. ISBN 978-5-8114-8786-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/292037">https://e.lanbook.com/book/292037</a>
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	401 (III)	Адаптер питания Microsoft Kinect 2.0 for Windows (1), Видеокамера 203-ОРИОН (1), Вольтметр В7-16 (1), Генератор Г4-102А (1), Генератор сигналов универсальный DG 1022 (2), Генератор сигналов универсальный DG 4102 (2), Измеритель RLC AM-3123 (1), Измеритель уровня электромагнитного фона АТТ-2593 (1), Источник питания DP 1308А	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional,

	(2), Мультиметр DM3058E (1), Мультиметр AM-1083 (4), Ноутбук AcerASpire 5920G-603G25MiT7500 (1), Осциллограф цифровой DS 1052E (5), Осциллограф цифровой DS 4054 (1), Программно-аппаратный комплекс (1), Проектор мультимедийный Hitachi CP-X 2510 (1), Станция паяльная АТР -1107	Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	---	---

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий	Зачтено

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. На каком эффекте базируется принцип работы ОВ?
1. электромагнитная индукция
2. полное внутреннее отражение

3. эффект Брюстера

1. Какие условия на границе раздела сред должны быть выполнены, чтобы наблюдать эффект ПВО?

1. показатель преломления первой среды меньше показателя преломления второй; угол падения равен углу отражения

2. угол падения меньше угла преломления

3 Показатель преломления первой среды больше показателя преломления второй и угол падения больше либо равен углу полного внутреннего отражения

1. Укажите набор параметров, от которых зависит число типов волн в ОВ:

1. радиус сердцевины, длина волокна

2. радиус сердцевины, диаметр оболочки

3. радиус сердцевины, длина волны, числовая апертура

1. Какой вид шумов не играет роли в оптических волокнах:

1. тепловой

2. квантовый

3. перекрёстный

1. Какой вид модуляции является основным при передаче сигналов в оптических волокнах

1. амплитудная

2. интенсивности оптического излучения

3. фазовая

6. Основной волной в ОВ является:

1. Ню

2. НЕп

3. Еоі

1. При каких значениях нормированной частоты  $V$  ОВ будет одномодовым:

1. больше 3,14

2. от 0 до 2,405

3. от 2,405 до 3,832

1. Число волн в каком ОВ больше?

1. ступенчатом

2. градиентном

3. не зависит от типа

1. Укажите правильный набор «окон прозрачности» ОВ в микронах:

1. 0,25; 0,5; 1,0



2. 0,85; 1,3; 1,55

3. 0,5; 1,2; 2,0

1. При каких значениях длины волны потери в ОВ будут минимальны:

1. 0,85 мкм

2. 1,3 мкм

3. 1,55 мкм

1. К чему приводит наличие дисперсии в ОВ?

1. уширению импульса

2. увеличению амплитуды импульса

3. сужению импульса

1. Какой вид оптических соединителей обеспечивает минимальные потери 1 )разъемные

1. неразъемные

2. corelink

1. Какой вид потерь в оптических соединениях относится к потерям неидентичности параметров световодов:

1 )потери Френеля

1. децентровка

2. различие числовых апертур

1. Диаметр наконечника в разъемных ОС равен:

1. 0,5 мм

2. 2,5 мм

3. 5 мм

1. Фотоны появляются в светоизлучающих диодах в результате:

1. обеднения основными носителями р-полупроводника

2. перемещения электронов в п-полупроводнике

3. рекомбинации электронов и дырок в р-п-переходе

1. Длина волны оптического излучения:

1. прямо-пропорционально ширине запрещенной зоны

2. обратно-пропорционально ширине запрещенной зоны

3. определяется только постоянной Планка

1. Какой из перечисленных параметров ограничивает чувствительность фотодиода:

1. напряжение пробоя

2. ток короткого замыкания

3. темновый ток
1. Фототок можно наблюдать при подаче на фотодиод:
  1. прямого смещения
  2. обратного смещения
  3. отсутствии смещения
1. На каком принципе построен модулятор Маха-Цандера:
  1. переключении каналов
  2. управление параметрами нелинейных сред в ОВ
  3. сложение отраженных сигналов
1. На основе какого элемента может быть построен мультиплексор оптических каналов
  1. дифракционная решётка
  2. оптический модулятор
  3. направленный ответвитель
1. Демультимплексор оптических каналов обеспечивает:
  1. разделение сигналов с разной длиной волны
  2. объединение сигналов с разной длиной волны
  3. разделение и соединение сигналов с разной длиной волны

## Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

### Вопросы к зачету

- 1 Особенности оптической электроники
- 2 Квантовые состояния атома водорода и квантовые числа
- 3 Электронные состояния атомов и молекул
- 4 Способы описания электромагнитного излучения
- 5 Квантовые переходы. Временные диаграммы квантовых переходов
- 6 Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
- 7 Уширение спектральных линий. 8 Молекулярное рассеяние света
- 9 Оптические характеристики вещества
- 10 Принцип работы квантовых усилителей и генераторов
- 11 Возбуждение активного вещества (накачка)
- 12 Кинетические уравнения. Схемы работы лазеров.
- 13 Оптические резонаторы. Основные понятия.
- 14 Плоский резонатор

- 15 Конфокальный резонатор
- 16 Другие виды резонаторов
- 17 Самовозбуждение и насыщение усиления
- 18 Нестационарная генерация
- 19 Модуляция добротности и синхронизация мод
- 20 Мазеры.
- 21 Газовые лазеры. Особенности и основные характеристики
- 22 Гелий -неоновый лазер
- 23 Газовые лазеры на самоограниченных переходах
- 24 Лазеры на парах металлов
- 25 Лазеры на парах металлов
- 26 Молекулярные газовые лазеры
- 27 Газоразрядные CO<sub>2</sub> -лазеры
- 28 Рентгеновские лазеры.
- 29 Лазеры на свободных электронах<sup>3</sup>
- 0 Особенности твёрдотельных лазеров
- 31 Рубиновый лазер.
- 32 Лазеры на кристаллах и стёклах, активированных неодимом
- 33 Твёрдотельные перестраиваемые лазеры
- 34 Волоконные лазеры
- 35 Особенности жидкостных лазеров. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров
- 36 Возбуждение и инверсия в полупроводниках. Люминесценция в полу-проводниках
- 37 Светодиоды. Эффективность светодиодов
- 38 Основные характеристики светодиодов
- 39 Конструкции светодиодов
- 40 Белые светодиоды
- 41 Органические светодиоды
- 42 Полупроводниковые лазеры с электронной и оптической накачкой
- 43 Инжекционные лазеры на гетеропереходах
- 44 Инжекционные ДГС -лазеры
- 45 Полосковые лазеры
- 46 РО ДГС -лазеры

47 РОС-лазеры

48 Основные характеристики полупроводниковых лазеров. Конструкции ИПЛ

49 Поглощение в полупроводниках

50 Технические характеристики и основные типы фотоприёмников

51 Полупроводниковые фотоприёмники. Фоторезисторы

52 Фотодиоды

