

**РП СФОРМИРОВАНА,
СОГЛАСОВАНА
И УТВЕРЖДЕНА В ЭИОС**

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

М.1.2.5 Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства

11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Магистр

Электронные и нанoeлектронные приборы и устройства

Распределение учебного времени

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Программу составили:

профессор с ученой степенью доктора наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	И.И. Попов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

(наименование кафедры)		
15.01.2024	протокол №	12
(дата)		
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

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

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

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

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

Эксперт(ы): Лапин Владимир Авангардович, директор ООО "НПФ Мета-Хром"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 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-7 Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	ПК-7.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения.	знания: - используемых технических средств, перспектив их развития и модернизации; - процедур и принципов проведения научных экспериментов и испытаний; - принципов, средств и методов построения физических, математических и компьютерных моделей объектов научных исследований. умения: навыки:
	ПК-7.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ.	знания: умения: осуществлять методологическое обоснование научного исследования; - планировать и проводить подготовку научных исследований и технических разработок; - формулировать отдельные задания для исполнителей. навыки:
	ПК-7.3. Владеет навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники.	знания: умения: навыки: мониторинг рынка новых решений в области разработки радиоэлектронного оборудования; - расчет по проекту в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ; - разработка перспективных технических требований к проектируемой радиоэлектронной аппаратуре и согласованием их с потребителем (заказчиком)

<p>2. ПК-8 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований</p>	<p>ПК-8.1. Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства.</p>	<p>знания: - основные логические методы и приемы научно-го исследования и инженерного творчества; - методологические теории и принципы современной науки и техники; - принципы подготовки и проведения научных исследований и технических разработок, научных экспериментов и испытаний; -требования и порядок подготовки научно-технической отчетности по результатам выполненных исследований; -средства, методики построения физических, математических и компьютерных моделей объектов научных исследований; - требования и принципы управления объектами интеллектуальной собственности; - подходы и требования к формированию научно-технической отчетности по результатам выполненных исследований.</p> <p>умения:</p> <p>навыки:</p>
	<p>ПК-8.2. Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники.</p>	<p>знания:</p> <p>умения: - осуществлять математическое и компьютерное моделирование радио-электронных устройств; - работать с программами компьютерного моделирования радиоэлектронных устройств; -формулировать отдельные задания для исполнителей; - анализировать результаты научных исследований; -составлять научно- технические отчеты по результатам исследований; -осуществлять методологическое обоснование, планирование и подготовку научных исследований и технических</p> <p>навыки:</p>

	ПК-8.3. Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и нанoeлектроники.	знания: умения: навыки: - созданием математических и физических моделей радиоэлектронных систем и комплексов; - компьютерным моделированием радиоэлектронных устройств на схемотехническом и системно-техническом уровнях; - разработкой специальных программ компьютерного проектирования радиоэлектронных систем и комплексов; - настройкой программных средств, используемых для проектирования радиоэлектронных систем и устройств; - подготовкой технологической и отчетной документации по результатам работ; - проведением аппаратного макетирования, аналитических и экспериментальных работ и исследований для диагностики и оценки состояния систем радиотехники, электроники и телекоммуникаций с использованием необходимых методов и средств контроля и анализа
3. ПК-9 Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-9.1. Знает нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации.	знания: методические и нормативные требования, предъявляемые к разработке проектно- конструкторской документации на конструкции электронных средств умения: навыки:
	ПК-9.2. Умеет использовать стандарты и нормативные требования при разработке документации.	знания: умения: самостоятельно проектировать модули, блоки, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований навыки:
	ПК-9.3. Владеет навыками выпуска документации для организации серийного выпуска изделий.	знания: умения: навыки: навыками разработки проектно-конструкторской документации на конструкции электронных средств в соответствии с методическими и нормативными требованиями

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии (ПК-7), Автоматизированные и электронные системы управления (ПК-7), Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии (ПК-8), Автоматизированные и электронные системы управления (ПК-8), Фотоэлектрические тонкопленочные преобразователи солнечной энергии (ПК-9); практик: Производственная

практика. Научно-исследовательская работа (ПК-7), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-8), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-9), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (ПК-9)
 Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-7), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-8), Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ПК-9)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Усиление и генерация электромагнитного излучения и особенности ее применения для нужд ОПК	33	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Введение в курс "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства"	2	
Лекция. Усиление и генерация электромагнитного излучения и особенности ее применения	2	
Лабораторная работа. Усиление и генерация электромагнитного	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение процессов усиления и генерации электромагнитного излучения. Подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по выполненной работе	25	
Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках, и особенности их использования	12	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Изучение оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках	10	
Оптические квантовые генераторы и усилители	50	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Оптические квантовые генераторы и усилители	2	
Лабораторная работа. Теоретическое исследование гелий неоновых ОКГ	4	
Лабораторная работа. Измерение профиля показателя преломления с помощью интерферометра	4	
Лабораторная работа. Изучение оптических свойств	4	

анизотропных кристаллов		
Лабораторная работа. Моделирование амплитудного и фазового модулятора на эффекте Поккельса с использованием системы	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Углубленное изучение принципов действия твердотельных и полупроводниковых ОКГ и методов модуляции добротности и синхронизации мод. Самостоятельное изучение принципов действия и параметров жидкостных ОКГ. Подготовка к лабораторным работам, обработка результатов измерений, оформление отчета по выполненным работам	30	
Фотоприемники	12	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Фотоприемники	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение физических основ работы оптических приемников	10	
Физические основы распространения излучения по оптическому волокну, компоненты оптических линий	37	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Лекция. Физические основы распространения излучения по оптическому волокну, компоненты оптических линий связи	2	
Лабораторная работа. Исследование пассивных элементов ВОЛС	6	
Лекция. Изучение причин методов измерения затухания в оптических световодах	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Подготовка к лабораторным работам, обработка результатов измерений, оформление отчетов	27	
Иная контактная работа:	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства" 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 "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства", 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 лабораторного 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 "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства". Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства", 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 "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства", к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства" включает выполнение лабораторных работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства" является экзамен.

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
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Физические основы функциональной электроники [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности 200800 / [сост. В. Н. Игумнов] ; МарГТУ. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. - 53 с. Экземпляры: всего 14.	14 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_fiz_osnovi_funkcion_elektroniki_2004.pdf
2.	Игумнов, Владимир Николаевич. Устройства функциональной электроники [Текст] : учебное пособие : [для студентов технических специальностей и направлений] / В. Н. Игумнов, А. П. Большаков; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. - 158 с. ISBN 978-5-8158-1223-9. Экземпляры: всего 22.	22 / https://portal.volgatech.net/books/Igumnov_ustrojstva_funkcionalnoj_elektroniki.pdf
3.	Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] / Скляр О. К. 6-е изд, стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 268 с. ISBN 978-5-8114-9769-0.	https://e.lanbook.com/book/322565
4.	Скляр, Олег Константинович. Волоконно-оптические сети и системы связи [Текст] : [учеб. пособие] / О. К. Скляр. Изд. 2-е, стер. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010. - 260, [5] с. ISBN 978-5-8114-1028-6. Экземпляры: всего 12.	12
5.	Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника [Текст] : Учеб. пособие для студентов вузов по спец. "Радиосвязь, радиовещание и телевидение", "Многоканал. и телекоммуник. системы", "Средства связи с подвиж. объектами", "Аудиовиз. техника", "Сети связи и системы коммутаций", "Физика и техника оптич. связи" / Ю. Л. Бобровский [и др.] ; ред. Н. Д. Федоров. М.: Радио и связь, 1998. - 559 с. ISBN 5-256-01169-3. Экземпляры:	14

	всего 14.	
6.	Демиховский, Валерий Яковлевич. Физика квантовых низкоразмерных структур [Текст] / Демиховский, Валерий Яковлевич, Вугальтер, Григорий Абрамович. М.: Логос, 2000. - 246 с. ISBN 5-88439-045-9. Экземпляры: всего 4.	4

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.	411 (III)	Агрегат электронасосный ХЦМ 1/10 (1), Муфельная печь МИПМ-3л (1), ОСЦИЛЛОГРАФ С1-64-А (1), ШКАФ ВЫТЯЖ ЛД-221 (1), Комплект учебной мебели (1)	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, 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.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно	хорошо

	применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

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.

Вопрос 1

Что изучает дисциплина квантовые и оптоэлектронные устройства?....

- 1) Знания преобразовании механической энергии в акустическую
- 2) Знания взаимодействия электромагнитного излучения с акустическими волнами
- 3) Знания о тепловом преобразовании электромагнитного излучения
- 4) Знания физических принципов работы, устройства и характеристик приборов, составляющих оптоэлектронную компонентную базу оптических систем передачи информации, необходимых для творческой профессиональной работы в этой области техники

Вопрос 2

Что такое квантовый генератор?....

- 1) Источник импульсного излучения

- 2) Источник монохроматического излучения
- 3) Общее название источников электромагнитного излучения, работающих на основе вынужденного излучения атомов и молекул
- 4) Источник акустического излучения

Вопрос 3

Что такое квантовый усилитель?....

- 1) Устройство усиления механических колебаний
- 2) Устройство для усиления электромагнитных волн за счёт вынужденного излучения возбуждённых атомов, молекул или ионов
- 3) Устройство усиления акустических волн
- 4) Устройство усиления радиоволн

Вопрос 4

Что такое оптическая накачка?....

- 1) Это ее освещение лазерной среды внешним источником света с целью перевода ее в возбужденное электронное состояние. всей среды или ее составляющих
- 2) Замена резонансной среды лазера
- 3) Разогрев пламенем лазерных кристаллов
- 4) Перевод энергии из оптического вида к тепловой

Вопрос 5

Что такое оптический резонатор?....

- 1) Преобразователь оптического спектра
- 2) Преобразователь волнового фронта оптического пучка
- 3) Усилитель электромагнитной энергии
- 4) Совокупность нескольких отражающих элементов, образующих открытый резонатор (в отличие от закрытых объёмных резонаторов, применяемых в диапазоне СВЧ), формирующих стоячую световую волну

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Как происходит взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами?
2. Какие бывают энергетические состояния атомов и молекул?

3. Дайте определения наносистема, наноматериалы, нанотехнология?
4. Спонтанное и вынужденное излучение.
5. Уширение спектральных линий.
6. Методы описания оптического излучения в квантовых и оптоэлектронных устройствах и расчета их параметров.
7. Принцип работы квантовых генераторов и усилителей.
8. Дайте определение оптическому резонатору.
9. Определения нестационарная генерация, модуляция добротности и синхронизация мод.
10. Основные свойства лазерного излучения.
11. Основные энергетические состояния в полупроводниковых кристаллах.
12. Оптические переходы в полупроводниках.
13. Дайте определения квантоворазмерным структурам.
14. Электрооптические и магнитно оптические эффекты.
15. Определение генераций гармоник и условий фазового синхронизма.
16. Молекулярные газовые лазеры. Эксимерные и химические лазеры.
17. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер.
18. Экспериментальное исследование гелий неоновых ОКГ
19. Принципы действия твердотельных и полупроводниковых ОКГ.
20. Принципы действия и параметров жидкостных ОКГ
21. Полупроводниковые лазеры и светодиоды.
22. Явление интерференции.
23. Интерференция плоских волн одинаковыми частотами
24. Измерение профиля показателя преломления с помощью интерферометра
25. Амплитудные модуляторы с поляризационной ячейкой.
26. Оптические свойства анизотропных кристаллов
27. Основы работы оптических приемников.
28. Классификация фотодетекторов. ФЭУ.
29. $P-i-n$ фотодиоды.
30. Планарные и полосковые оптические волноводы.
31. Причины потерь в ОВ. Нелинейные эффекты в ОВ.
32. Методы измерения затухания в оптических световодах.
33. Исследование пассивных элементов ВОЛС

34. Структурная схема волоконно-оптической линии связи.
35. Виды взаимодействий электромагнитного излучения с атомными системами. Определение оптического излучения.
36. Основные и тонкие энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые переходы.
37. Основные определения: наносистема, наноматериалы, нанотехнология, нанодиагностика, наносистемотехника.
38. Спонтанное и вынужденное излучение, определение коэффициентов Эйнштейна.
39. Уширение спектральных линий. Причины рассеяние света.
40. Методы описания оптического излучения в квантовых и оптоэлектронных устройствах и расчета их параметров
41. Принцип работы квантовых генераторов и усилителей. Принцип действия накачки.
42. Определение оптических резонаторов. Условия самовозбуждения и насыщение усилителя.
43. Условия нестационарной генерации, модуляции добротности и синхронизации мод.
44. Свойства лазерного излучения. Основные понятия и законы квантовой механики.
45. Основные энергетические состояния в полупроводниковых кристаллах.
46. Оптические переходы в полупроводниках. Рефракция света в полупроводниках.
47. Квантоворазмерные структуры: квантовые ямы, нити, точки.
48. Электрооптические и магнитно оптические эффекты. Оптические модуляторы.
49. Нелинейные эффекты. Генерация гармоник и условие фазового синхронизма.
50. Газовые лазеры. Атомарные газовые лазеры. Ионные газовые лазеры. Молекулярные газовые лазеры. Эксимерные и химические лазеры.
51. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах активированных неодимом.
52. Экспериментальное исследование гелий неоновых ОКГ
53. Принципы действия твердотельных и полупроводниковых ОКГ и методов модуляции добротности мод.
54. Принципы действия и параметров жидкостных ОКГ
55. Полупроводниковые лазеры и светодиоды. Полупроводниковые гетеропереходы. Особенности полупроводниковых лазеров.
56. Явление интерференции. Виды интерферометров. Эффекты, используемые для модуляции света.
57. Интерференция плоских волн одинаковыми и различными частотами
58. Измерение профиля показателя преломления с помощью интерферометра
59. Амплитудные модуляторы с поляризационной ячейкой. Внутррезонаторные лазерные модуляторы. Интерференционные модуляторы. Изучение оптических свойств анизотропных кристаллов.

- 60. 60.Физические основы работы оптических приемников.
- 61. 61.Классификация и технические характеристики фотодетекторов. ФЭУ.
- 62. методов описания оптического излучения в квантовых и оптоэлектронных устройствах и расчета их параметров
- 63. Оптические резонаторы. Условие самовозбуждения и насыщение усилителя.
- 64. Нестационарная генерация, модуляция добротности и синхронизация мод.
- 65. Свойства лазерного излучения. Квантовая механика – базис нанотехнологии. Основные понятия и законы квантовой механики.
- 66. Энергетические состояния в полупроводниковых кристаллах.
- 67. Оптические переходы в полупроводниках. Рефракция света в полупроводниках.
- 68. Пучковые лазеры. Квантовые парамагнитные усилители. Газовые лазеры. Атомарные газовые лазеры. Ионные газовые лазеры. Молекулярные газовые лазеры. Эксимерные и химические лазеры.