

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 21

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Ф. Крячко

(инициалы, фамилия)

(подпись)

30 мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные и квантовые приборы СВЧ  
(наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Оптотехника
Наименование направленности	Опτικο-электронные приборы и комплексы
Форма обучения	очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



Б.А. Алюков

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 21

30 мая 2023 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой № 21

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



А.Ф. Крячко

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 12.03.02(02)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



Н.А. Гладкий

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



О.Л. Балышева

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Электронные и квантовые приборы СВЧ» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.02 «ОпTOTехника» направленности «ОпTико-электронные приборы и комплексы». Дисциплина реализуется кафедрой «№21».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование опTических и опTико-электронных приборов, комплексов и их составных частей»

ПК-2 «Способность к математическому моделированию процессов и объектов опTOTехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов»

ПК-3 «Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, опTOTехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения квантово-электронных устройств и их применением при разработке систем передачи, обработки и защиты информации в телекоммуникационных системах; изучением конструкции и характеристик передающей и приемной аппаратуры опTического диапазона; влиянием внешних воздействий на каналы передачи информации в опTическом диапазоне.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является знакомство с физическими основами электронных и квантовых приборов СВЧ и оптического диапазона. Для достижения этой цели ставятся задачи изучения следующих вопросов: принципы построения квантово-электронных устройств и их применение при разработке систем передачи, обработки и защиты информации в телекоммуникационных системах; конструкции и характеристики передающей и приемной аппаратуры оптического диапазона; влияние внешних воздействий на каналы передачи информации в оптическом диапазоне, получения навыков практической работы и изучения квантовых приборов СВЧ и оптического диапазона (при выполнении лабораторных работ).

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей	ПК-1.3.1 знать требования, предъявляемые к разрабатываемой оплотехнике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам ПК-1.У.2 уметь анализировать и определять требования к параметрам, предъявляемым к разрабатываемой оплотехнике, оптическим и оптико-электронным приборам и комплексам с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов ПК-1.В.1 владеть навыками определения, корректировки и обоснования технического задания в части проектно-конструкторских характеристик блоков и узлов оптических и оптико-электронных приборов
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность к математическому моделированию процессов и объектов оплотехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных	ПК-2.3.1 знать различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных оптических задач

	продуктов	
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	ПК-3.3.1 знать типовые системы и приборы оптотехники на схемотехническом и элементном уровнях ПК-3.У.1 уметь определять физические принципы действия типовых систем и приборов, оптотехники в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов, программных средств проектирования и конструирования ПК-3.У.2 уметь разрабатывать функциональные, структурные схемы систем и приборов оптотехники в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов, программных средств проектирования и конструирования

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Математика (математический анализ)»,
- «Электродинамика и распространение радиоволн»,
- «Электроника»,
- «Основы оптики»,
- «Источники и приемники оптического излучения»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Устройства СВЧ и антенны»,
- «Цифровые устройства и микропроцессоры»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	34	34
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		

экзамен, (час)	45	45
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	31	31
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Тема					
1.1 Особенности СВЧ и оптического диапазонов	6	3	0		7
1.2 Назначение квантовых приборов					
1.3 Классификация квантовых приборов					
Раздел 2.					
2.1 Энергетические уровни в активном веществе					
2.2 Основные понятия и определения в квантовой электронике					
2.3 Населенности энергетических уровней при термодинамическом равновесии					
2.4 Переходы микрочастиц между энергетическими уровнями					
2.5 Спонтанные переходы					
2.6 Вынужденные (индуцированные) переходы					
2.7 Соотношения между коэффициентами Эйнштейна	10	5	9		8
2.8 Релаксационные переходы					
2.9 Ширина спектральной линии					
2.10 Взаимодействие квантовых систем с электромагнитным излучением					
2.11 Возможность усиления и генерации в квантовых приборах					
2.12 Излучение энергии молекулами в резонаторе					
2.13 Способы создания инверсии населенностей					
2.14 Эффект Штарка					
2.15 Эффект Зеемана					

Раздел 3. 3.1 Рабочее вещество 3.2 Энергетические уровни парамагнитных ионов 3.3 Релаксационные процессы в парамагнитных кристаллах 3.4 Электронный парамагнитный резонанс 3.5 Анализ работы КПУ 3.6 Принцип работы трехуровневой схемы 3.7 Расчет инверсной разности населенностей 3.8 Параметры и характеристики КПУ 3.9 Параметры отражательного однорезонаторного КПУ 3.10 Широкополосные КПУ 3.11 Параметры КПУ бегущей волны 3.12 Собственные шумы КПУ 3.13 Конструкции КПУ	10	5	3		8
Раздел 4. 4.1 Устройство и принцип действия атомных и молекулярных генераторов 4.2 Рабочее вещество 4.3 Генератор на пучке атомов водорода 4.4 Параметры и применение атомных и молекулярных генераторов 4.5 Пусковой поток 4.6 Выходная мощность 4.7 Ширина линии излучения 4.8 Стабильность частоты 4.9 Пассивные квантовые стандарты частоты	8	4	5		8
Итого в семестре:	34	17	17		31
Итого	34	17	17	0	31

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
<b>1</b>	<b>Введение</b>
	Особенности СВЧ и оптического диапазонов
	Назначение квантовых приборов
	Классификация квантовых приборов
<b>2</b>	<b>Основы квантовой электроники</b>
	Энергетические уровни в активном веществе
	Основные понятия и определения в квантовой электронике
	Населенности энергетических уровней при термодинамическом равновесии

	Переходы микрочастиц между энергетическими уровнями
	Спонтанные переходы
	Вынужденные (индуцированные) переходы
	Соотношения между коэффициентами Эйнштейна
	Релаксационные переходы
	Ширина спектральной линии
	Взаимодействие квантовых систем с электромагнитным излучением
	Возможность усиления и генерации в квантовых приборах
	Излучение энергии молекулами в резонаторе
	Способы создания инверсии населенностей
	Эффект Штарка
	Эффект Зеемана
<b>3</b>	<b>Квантовые парамагнитные усилители</b>
	Рабочее вещество
	Энергетические уровни парамагнитных ионов
	Релаксационные процессы в парамагнитных кристаллах
	Электронный парамагнитный резонанс
	Анализ работы КПУ
	Принцип работы трехуровневой схемы
	Расчет инверсной разности населенностей
	Параметры и характеристики КПУ
	Параметры отражательного однорезонаторного КПУ
	Широкополосные КПУ
	Параметры КПУ бегущей волны
	Собственные шумы КПУ
	Конструкции КПУ
<b>4</b>	<b>Квантовые стандарты частоты</b>
	Устройство и принцип действия атомных и молекулярных генераторов
	Рабочее вещество
	Генератор на пучке атомов водорода
	Параметры и применение атомных и молекулярных генераторов
	Пусковой поток
	Выходная мощность
	Ширина линии излучения
	Стабильность частоты
	Пассивные квантовые стандарты частоты

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 7</b>					
1	Определение длины волны излучения		2	2	1
2	Определение показателя		2	2	2

	квантового усиления в трех уровневой системе				
3	Определение концентрации частиц на энергетическом уровне при термодинамическом равновесии		2	2	2
4	Выбор системы построения квантового усилителя (трех- или четырех-уровневые)		2	2	2
5	Определение коэффициента усиления многорезонаторного КПУ		2	2	2
6	Определение ширины спектральной линии генератора на атомах водорода		2	2	3
7	Определение выходной мощности атомного генератора		2	2	4
8	Определение зависимости частоты перехода от напряженности внешнего электрического поля		3	3	4
Всего			17	17	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Исследование газового оптического квантового генератора на He – Ne часть 1	3	3	2
2	Исследование газового оптического	3	3	2



	квантового генератора на He – Ne часть 2			
3	Исследование характеристик открытого резонатора часть 1	3	3	4
4	Исследование характеристик открытого резонатора часть 2	2	2	4
5	Исследование методов внешней модуляции лазерного излучения	3	3	2
6	Исследования отражательных характеристик	3	3	3
Всего		17	17	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	21	21
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	31	31

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.372 М 26	Малышев В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. Учебное пособие. - М.:	12

	Выш.шк., 2009. - 543 с.	
681.58 3 17	Принципы лазеров [учебное пособие] / О. Звелто ; пер.: Д. Н. Козлов, С. Б. Созинов, К. Г. Адамович ; науч. ред. Т. А. Шмаонов. - 4-е изд. - СПб.: Лань, 2008. - 720 с.	15
530.1 В 31	Вергелес С. Н. Лекции по квантовой электродинамике: учебное пособие. - М.: Физматлит, 2007. - 244 с.	13
621.391. Б 63	Системы лазерной космической связи: учебное пособие. Ч.: 2/ А. Р. Бестугин [и др.]; С.-Петербур. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: ГОУ ВПО "СПбГУАП", 2009. - 169 с.	
530.1 Н 66	М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая информация. пер.: М. Н. Вялый, П. М. Островский ; авт. предисл. К. А. Валиев. Монография. - М.: Мир, 2007. - 822 с.	
621.38 М 64	Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Учебное пособие. СПб.: Лань. 2010. 704 с.	
621.30 К 17	Киселев Л. Г. Квантовая и оптическая электроника. Учебное пособие. М.: URSS. 2-е изд. 2011. 320 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://lib.aanet.ru/">http://lib.aanet.ru/</a>	Электронная библиотечная система ГУАП (для доступа необходима авторизация по номеру читательского билета).
<a href="http://techlibrary.ru/">http://techlibrary.ru/</a>	Техническая библиотека. Переводные и русскоязычные издания, объединённые в общий каталог научно-технической литературы.
<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>	Российская государственная библиотека
<a href="http://www.nlr.ru">http://www.nlr.ru</a>	Российская национальная библиотека
<a href="http://www.libfl.ru">http://www.libfl.ru</a>	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И.Рудомино
<a href="http://www.rasl.ru">http://www.rasl.ru</a>	Библиотека Академии Наук
<a href="http://www.benran.ru">http://www.benran.ru</a>	Библиотека РАН по естественным наукам
<a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>	Государственная публичная научно-техническая библиотека
<a href="http://www.spsl.nsc.ru/">http://www.spsl.nsc.ru/</a>	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН

<a href="http://lib.febras.ru">http://lib.febras.ru</a>	Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН
<a href="http://www.uran.ru">http://www.uran.ru</a>	Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН
<a href="http://www.loc.gov/index.html">http://www.loc.gov/index.html</a>	Библиотека Конгресса
<a href="http://www.bl.uk">http://www.bl.uk</a>	Британская национальная библиотека
<a href="http://www.bnf.fr">http://www.bnf.fr</a>	Французская национальная библиотека
<a href="http://www.ddb.de">http://www.ddb.de</a>	Немецкая национальная библиотека
<a href="http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources">http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources</a>	Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet
<a href="http://www.pl.spb.ru">http://www.pl.spb.ru</a>	Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского
<a href="http://www.lib.pu.ru">http://www.lib.pu.ru</a>	Научная библиотека им. М.Горького Санкт- Петербургского Государственного университета (СПбГУ)
<a href="http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/">http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/</a>	Фундаментальная библиотека Санкт- Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ)

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория	Б.М., 67, ауд. 11-01Б

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1.	Особенности СВЧ и оптического диапазонов	ПК-1.У.2
2.	Классификация квантовых приборов	ПК-1.3.1
3.	Энергетические уровни в активном веществе	ПК-1.3.1
4.	Основные понятия и определения в квантовой электронике	ПК-1.3.1
5.	Населенности энергетических уровней при термодинамическом равновесии	ПК-1.У.2
6.	Переходы микрочастиц между энергетическими уровнями	ПК-1.У.2
7.	Спонтанные переходы	ПК-1.У.2
8.	Вынужденные (индуцированные) переходы	ПК-1.У.2
9.	Релаксационные переходы	ПК-1.У.2
10.	Ширина спектральной линии	ПК-1.У.2
11.	Взаимодействие квантовых систем с электромагнитным излучением	ПК-1.У.2
12.	Возможность усиления и генерации в квантовых приборах	ПК-1.У.2
13.	Излучение энергии молекулами в резонаторе	ПК-1.У.2
14.	Способы создания инверсии населенностей	ПК-3.У.2
15.	Эффект Штарка	ПК-3.3.1
16.	Эффект Зеемана	ПК-3.3.1
17.	Квантовые парамагнитные усилители (КПУ)	ПК-1.3.1
18.	Рабочее вещество	ПК-3.3.1
19.	Энергетические уровни парамагнитных ионов	ПК-3.3.1
20.	Релаксационные процессы в парамагнитных кристаллах	ПК-3.3.1
21.	Электронный парамагнитный резонанс	ПК-3.3.1
22.	Анализ работы КПУ	ПК-1.У.2
23.	Принцип работы трехуровневой схемы	ПК-3.У.1
24.	Расчет инверсной разности населенностей	ПК-2.3.1
25.	Параметры и характеристики КПУ	ПК-1.3.1
26.	Параметры отражательного однорезонаторного КПУ	ПК-1.В.1
27.	Широкополосные КПУ	ПК-1.3.1
28.	Параметры КПУ бегущей волны	ПК-1.В.1
29.	Собственные шумы КПУ	ПК-1.У.2
30.	Конструкции КПУ	ПК-3.У.2
31.	Квантовые стандарты частоты	ПК-1.3.1
32.	Устройство и принцип действия атомных и молекулярных генераторов	ПК-3.У.1
33.	Рабочее вещество	ПК-1.3.1
34.	Генератор на пучке атомов водорода	ПК-1.3.1
35.	Параметры и применение атомных и молекулярных генераторов	ПК-1.У.2
36.	Пусковой поток	ПК-1.3.1
37.	Выходная мощность	ПК-1.В.1
38.	Ширина линии излучения	ПК-1.В.1
39.	Стабильность частоты	ПК-1.В.1
40.	Пассивные квантовые стандарты частоты	ПК-1.3.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1.	Запишите выражение для энергии электрона в атоме водорода	ПК-1.У.2
2.	Запишите выражение для правила частот Бора	ПК-1.У.2
3.	Запишите выражение для распределения атомов по энергетическим уровням в состоянии термодинамического равновесия.	ПК-1.У.2
4.	Запишите выражение для плотности инверсной населенности.	ПК-1.У.2
5.	Запишите выражение для собственных частот открытого резонатора.	ПК-1.У.2
6.	Запишите условие генерации лазера.	ПК-1.У.2
7.	Запишите выражение для закона Стефана-Больцмана.	ПК-1.У.2
8.	Запишите выражение для закона Вина	ПК-1.У.2
9.	Запишите условие инверсной населенности для полупроводникового лазера.	ПК-1.У.2
10.	Опишите зависимость мощности гелий-неонового лазера от диаметра газоразрядной трубки	ПК-1.У.2

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат

конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- изложение материала с использованием доски;
- изложение материала с использованием проектора, демонстрация слайдов;
- пояснение конструкции электронных приборов и блоков с использованием стендов;

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Студент обязан ознакомиться с содержанием задачи, предложенной ему на практических занятиях. Понять ее смысл и наметить план решения. Далее он использует либо лекции, либо справочную литературу и решает задачу самостоятельно.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Наименование лабораторных работ и соответствующее им количество учебных часов приведены выше в таблице 5.

Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории «Квантовые приборы СВЧ» кафедры № 21 «Радиотехнических и оптоэлектронных комплексов» в аудитории 11-01б на ул. Б. Морской.

Для выполнения лабораторных работ, обучающиеся на добровольной основе формируют из состава группы несколько «бригад» по 2 – 3 человека в каждой. Каждой из «бригад» преподавателем назначается лабораторная работа. Каждой лабораторной работе предшествует коллоквиум, который проходит следующим образом. Каждому студенту в «бригаде» преподаватель персонально задаёт 1 – 2 вопроса, касающиеся либо порядка выполнения лабораторной работы, либо физической сути исследуемого в ней явления. Студент считается допущенным к выполнению лабораторной работы только после успешной сдачи коллоквиума.

Экспериментальные данные, полученные в ходе выполнения лабораторной работы и представленные в табличной форме, заносятся в протокол. Допускается наличие одного протокола на «бригаду».

Защита лабораторных работ предполагает наличие отчёта у каждого из обучающихся. Отчёт должен быть выполнен по всем правилам, предусмотренным методическими указаниями к лабораторной работе и нормативной документацией ВУЗа.

После ознакомления с содержанием отчёта и представленными в нём результатами исследования, преподаватель задаёт каждому из обучающихся несколько вопросов, касающихся либо теоретического материала, изложенного в методических указаниях, либо анализа полученных экспериментальных данных. Только после успешных ответов обучающегося на вопросы преподавателя и усвоения им теоретического материала, ставится оценка.

Таким образом, при проведении лабораторных занятий преподаватель осуществляет контроль успеваемости посредством следующих средств:

- оцениваются ответы студентов при сдаче коллоквиума;
- оценивается успешное выполнение программы исследований, изложенной в методических указаниях и грамотное оформление протокола;
- оценивается грамотное оформление отчёта по лабораторной работе в соответствии с требованиями методических указаний, а также наличие в отчёте выводов о результатах проведённых исследований;
- оцениваются ответы студентов в ходе защиты лабораторной работы.

Все оценки, в том числе итоговая, выставляются по 5-бальной шкале.



Для каждой из указанных в таблице 5 лабораторных работ в библиотеке ГУАП и в лаборатории в ауд. 11-01б имеются методические указания.

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ обозначены цели каждой работы, приводится перечень лабораторного оборудования и схема лабораторной установки. В сжатой форме даны основные терминологические понятия, относящиеся к исследованию, разъяснена суть исследуемых физических явлений, приведены расчётные формулы. Там же представлены таблицы экспериментальных данных, полученных обучающимися в ходе выполнения лабораторной работы. Кроме того, методические указания содержат как план исследования, так и методику обработки экспериментальных данных, способы их представления (посредством таблиц и графиков), а также примерные контрольные вопросы. Отдельным пунктом в методических указаниях изложено содержание отчёта о лабораторной работе.

Задание и требования к проведению лабораторных работ  
*Обязательно для заполнения преподавателем*

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Приводятся в методических указаниях к выполнению лабораторных работ, представленных в таблице С, а также в разделе нормативной документации сайта ГУАП [http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml).

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Приводятся в методических указаниях к выполнению лабораторных работ, представленных в таблице С, а также в разделе нормативной документации сайта ГУАП [http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Система оценок по прохождению текущего контроля успеваемости осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего

образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой