

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
радиофизики

*наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины*



(Корчагин Ю.Э.)

*подпись, расшифровка подписи*

31.08.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.06.02 – Квантовая радиофизика  
*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.03.03. Радиофизика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Физика информационных систем и телекоммуникаций, компьютерные технологии передачи информации, информационные системы и технологии, компьютерная электроника, микроэлектроника и полупроводниковые приборы.

**3. Квалификация (степень) выпускника:** Бакалавр

**4. Форма обучения:** Очная.

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Радиофизики

**6. Составители программы:** Титов К.Д., к.ф.-м.н.

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом физического факультета, протокол №2 от 07.06.2023

**8. Учебный год:** 2025-2026 г.

**Семестр(ы):** 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель – формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков по квантовой теории излучения и поглощения, обучение методам анализа и синтеза квантово-механических устройств, а также методам измерения характеристик лазерного излучения.

Главная задача – усвоение основных методов анализа и синтеза динамики квантово-механических устройств, овладение навыками определения пространственно-временных характеристик лазерного излучения.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Курс «Квантовая радиофизика» относится к базовой части рабочего учебного плана, модуль «Электроника».

Как наука, «Квантовая радиофизика» базируется на курсах «Квантовая механика», «Оптика», «Электродинамика».

«Квантовая радиофизика» служит теоретической основой для дальнейшей самостоятельной работы по исследованию и разработке средств связи оптического диапазона, аппаратуры и устройств волоконно-оптических и лазерных телекоммуникационных систем передачи, обработки и хранения информации. Знания и практические навыки, полученные в результате изучения курса «Квантовая радиофизика», используются обучаемыми при изучении естественно-научных дисциплин, а также при разработке курсовых и дипломных работ.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-3	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	<b>знать:</b> – существующие электронные информационные и библиографические средства по тематике квантовой радиофизики и квантовой электроники; – способы уменьшения влияния вредоносных средств (вирусов и пр.) на извлекаемые из информационного пространства материалы; – адреса электронных библиотек ВГУ, а также других информационных электронно-образовательных ресурсов; <b>уметь:</b> – логически обобщать, анализировать, критически осмысливать и систематизировать имеющийся материал по квантовой радиофизике и квантовой электронике; – применять методы и средства познания для приобретения новых знаний и умений; – самостоятельно обучаться и контролировать свои действия при поиске новых информационных ресурсов; – пользоваться современными информационными ресурсами с целью повышения своей компетенции в области разработки радиотехнических комплексов и

		<p>устройств;</p> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b> – навыками опытного пользователя электронно-информационными ресурсами;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– терминологией по специальности для успешного поиска информации;</li> <li>– профессионально-профильными знаниями в области информационных технологий, использовании современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;</li> <li>– принципами построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет технологий, типовыми процедурами применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств.</li> </ul>
<b>ПК-1</b>	<p>способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения. Способность изучать современный уровень развития квантовой радиофизики и электроники в области взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, включая теорию лазера, оптические явления, обусловленные когерентными и интенсивными полями, а также экспериментальные методы исследования, математического описания и анализа характеристик квантово-механических устройств.</p>	<p><b>знать:</b> -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>общие закономерности квантовой теории излучения и поглощения</li> <li>– элементы квантовой теории поля;</li> <li>– кинетику квантово-механических систем;</li> <li>– типы квантово-механических устройств</li> <li>- динамику квантово-механических усилителей и генераторов;</li> </ul> <p><b>уметь:</b> – использовать полученные знания при разработке современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять современные методы анализа современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;</li> <li>– использовать современную измерительную аппаратуру при экспериментальном исследовании современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;</li> <li>– пользоваться современной научно-технической информацией по радиотехническим приборам и оборудованию;</li> </ul> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета характеристик квантово-механических устройств;</li> <li>– методами нахождения режимов генерации квантовых генераторов;</li> <li>– терминологией и научно-технической литературой в области квантовой радиофизики и электроники;</li> </ul>
<b>ПК-2</b>	<p>способность использовать математический аппарат и полученные знания в задачах передачи</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные особенности процессов функционирования квантово-механических устройств, принципы их построения, взаимодействие их основных элементов;</li> </ul>

	<p>оптической и другой информации в системах телекоммуникаций, умение оценивать возможности и необходимость применения квантово-механических устройств в составе телекоммуникационных систем с учетом их основных особенностей.</p>	<p>– принципы исследования, разработки и проектирования квантово-механических устройств телекоммуникационных информационных и информационно-вычислительных систем;</p> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять основные методы анализа квантово-механических устройств и систем на их основе при исследовании результатов измерений;</li> <li>– использовать современную аппаратуру при исследовании характеристик (параметров) лазерного излучения и режимов генерации квантовых генераторов;</li> <li>– пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений;</li> <li>– использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– терминологией и научно-технической литературой по квантовой радиофизике и электронике;</li> <li>– методами измерений параметров квантово-механических устройств телекоммуникационных информационных и информационно-вычислительных систем;</li> </ul>
--	---	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — \_3/108.**

**Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) экзамен.**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ 8	...
Аудиторные занятия			48	
в том числе: лекции			24	
практические			-	
лабораторные			24	
Самостоятельная работа			24	
Форма промежуточной аттестации экзамен – _ час.)			36	
Итого:			108	

## 13.1. Содержание дисциплины

### 1 Лекции

№ тем	№ лекции	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	1.	Общие сведения о квантово-механических устройствах	Введение в предмет. Квантовая радиофизика и проблемы радиоэлектроники. Учебный фильм «Основы работы лазеров»
1.	2.	Спонтанное, индуцированное излучение, резонансное поглощение	Квантово-теоретические основы. Вынужденные излучения, коэффициенты Эйнштейна. Отрицательная температура. Условия усиления излучения. Переходы в системе под влиянием возмущений. Матрица плотности в квантовой теории и ее свойства
1.	3.	Спектральные параметры (характеристики) взаимодействия излучения с веществом	Электродипольное взаимодействие вещества с излучением. Лоренцева форма спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение
2.	4.	Гауссовы пучки в оптических элементах, однородных и неоднородных средах	Электромагнитные поля и их квантование. Поле как совокупность осцилляторов. Разложение поля по модам резонатора
2.	5.	Характеристики открытых резонаторов	Оптические резонаторы. Оптические элементы. Закон ABCD. Критерий устойчивости мод резонатора. Резонансные частоты. Учебный кинофильм «Объемные и открытые резонаторы»
2.	6.	Частичная когерентность и частичная поляризация электромагнитного излучения	Когерентность электромагнитного поля. Преобразование пространственной и временной когерентности поля при распространении волн
3.	7.	Кинетика квантово-механических устройств	Балансные уравнения. Релаксационные процессы. Двух уровневая модель. Квантовое, полу классическое описание. Восприимчивость среды
3.	8.	Понятие инверсии заполнения энергетических уровней и методы ее создания	Укороченные материальные уравнения. Получение отрицательной температуры в трех и четырех уровневых системах. Методы создания инверсии
4.	9.	Лазер на рубине ( $Al_2O_3:Cr^{3+}$ )	Лазеры на основе кристаллов и стекол
4.	10.	Гелий- неоновый лазер(He-Ne)	Лазеры на газах и парах
5.	11.	Режим стационарной генерации	Общая теория квантовых генераторов
5.	12.	Динамика твердотельных лазеров	Режим свободной генерации. Генерация гигантских импульсов. Модуляции добротности и синхронизация мод в лазерах

5.	13.	Шумы в лазерных усилителях и генераторах Применение лазеров в разработке средств связи оптического диапазона, аппаратуры и устройств волоконно-оптических и лазерных телекоммуникационных систем передачи, обработки и хранения информации.	Флуктуационные явления в квантовых генераторах. Модель лазера по Ван дер Полю Модуляция излучения, распространение излучения в волноводной-оптических системах, в диэлектрических линиях, однородных и неоднородных средах
----	-----	---	---

## 2. Лабораторные работы

№ темы	№ занятия	План занятия	Формы текущего контроля
3,4, 5.	1.	Исследование спектральных характеристик гелий-неонового (He-Ne) лазера	сдача лаб.раб.
2,4.	2,3	Поперечно-модовая структура излучения гелий-неонового (He-Ne) лазера. Исследование степени монохроматичности излучения гелий-неонового (He-Ne) лазера.	сдача лаб.раб.
2,4,6	4.	Углекислотный лазер в режиме непрерывной многомодовой и одномодовой генерации.	сдача лаб.раб.
4,5	5.	Импульсный азотный лазер. Измерение средней мощности. Определение пиковой мощности.	сдача лаб.раб.
2.4,6	6.	Полупроводниковый лазер. Диаграммы излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях	сдача лаб.раб.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела дисциплины	Лекции (час)	Практ. занятия (час)	Лаборат. занятия (час)	Самост. работа (час)	Всего
01.	Введение. Квантовая теория излучения и поглощения	4	—	0	—	4
02.	Элементы квантовой теории поля	6	—	4	2	12
03.	Кинетика квантовых систем	4	—	4	2	10
04.	Типы квантово-механических устройств	4	—	12	5	21
05.	Динамика квантовых генераторов	6	—	4	4	14
06.	Применение лазеров	2	—	2	2	6

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для

студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Ярив А. Квантовая электроника /А.Ярив: Пер. с англ. Под ред. Я.И.Ханина. – М.: Сов.радио, 1980.- М.: Сов.радио, 1980. – 488 с.
2. Страховский Г.М. Основы квантовой электроники /Г.М.Страховский, А.В.Успенский. – М.: Высшая школа, 1979, 303 с.– М.: Высшая школа, 1979. – 303 с.
3. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров /Я.И.Ханин.– М.: Наука: Физматлит, 1999. – 386 с.
4. Звелто Орацис. Принципы лазеров /Звелто Орацис: Пер. с англ. под ред. Т.А.Шмаонова. – М.: Мир, 1990. – 558 с.
5. Хирд Г. Измерение лазерных параметров (Экспериментальные методы оптической квантовой электроники) /Г.Хард: Пер. с англ. под ред. Ф.С.Файзуллова. – М.: Мир, 1970. – 539 с.
6. Успенский А.В. Сборник задач по квантовой электронике /А.В.Успенский.– М.: Высшая школа, 1976. – 176 с.

### **б) дополнительная литература:**

7. Кугушев А.М. Основы радиоэлектроники /А.М.Кугушев, Н.С.Голубева. – М.: Энергия, 1977. – 399 с.
8. Файн В.М. Квантовая радиофизика. Фотоны и нелинейные среды /В.М.Файн.– М.: Сов.радио, 1972. – 472 с.
9. Применение лазеров в народном хозяйстве. – М.: Наука, 1985. – 232 с.
10. Гильярди Р.М. Оптическая связь / Р.М.Гильярди, Ш.Карп: Пер. с англ. под ред. А.Г.Шереметьева. – М.: Связь, 1978. – 424 с.
11. Козанне А. Оптика и связь. Опт.передача обраб. информ. / А.Козанне, Ж.Флере, Г.Мэтр, М.Руссо: Пер. с фр. под ред. В.К.Соколова. – М.: Мир, 1984. – 502 с.

### **в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	<a href="http://www.exponenta.ru">http://www.exponenta.ru</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

## **16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

1. Власов Б.И. Распространение лазерных пучков в однородных и линзоподобных средах: учеб. Пособие/ Б.И. Власов, А.С. Кунаев. - Воронеж, изд- во ВГУ, 2012.- Ч.1.-37с.

2. Власов Б.И. Шумы квантово-механических усилителей: учеб. Пособие/ Б.И. Власов, А.С. Кунаев. - Воронеж, изд- во ВГУ, 2012.-Ч.2.-29с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	<a href="http://www.exponenta.ru">http://www.exponenta.ru</a>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Учебно-научная лаборатория кафедры.
2. Персональные компьютеры – 1 шт.
3. Программы «*Maxima*»,

**19. Фонд оценочных средств:**

Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

**Программа оценивания контролируемой компетенции:**

Текущая аттестация	Контролируемые модули, разделы(темы) дисциплины и их наименования	Код контролируемой компетенции и (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Раздел-3. Кинетика квантовых систем Раздел-4. Типы квантово-механических устройств. Раздел-5. Динамика квантовых генераторов.	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-1 (лабораторное занятие- 1)
2	Раздел-2. Элементы квантовой теории поля. Раздел-4. Типы квантово-механических устройств.	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-2 (лабораторное занятие- 2)
3	Раздел-2. Элементы квантовой теории поля. Раздел-4. Типы	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-3

	квантово-механических устройств. Раздел-6. Применение лазеров.		(лабораторное занятие- 3)
4	Раздел-4. Типы квантово-механических устройств. Раздел-5. Динамика квантовых генераторов.	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-4 (лабораторное занятие- 4)
5	Раздел-2. Элементы квантовой теории поля. Раздел-4. Типы квантово-механических устройств. Раздел-6. Применение лазеров.	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-5 (лабораторное занятие- 5)
6	Раздел-2. Элементы квантовой теории поля. Раздел-6. Применение лазеров. Применение лазеров	ПК-1, ПК-2	Групповой проект-6 (лабораторное занятие- 6)

## 1. В результате изучения «Квантовой радиофизики» обучающийся должен:

### 1.1 Знать:

- общие закономерности квантовой теории излучения и поглощения
- элементы квантовой теории поля;
- кинетику квантово-механических систем;
- типы квантово-механических устройств
- динамику квантово-механических усилителей и генераторов;
- основные особенности процессов функционирования квантово-механических устройств, принципы их построения, взаимодействие их основных элементов;
- принципы исследования, разработки и проектирования квантово-механических устройств телекоммуникационных информационных и информационно-вычислительных систем;

### 1.2 Уметь:

- использовать полученные знания при разработке современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;
- применять современные методы анализа современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;
- использовать современную измерительную аппаратуру при экспериментальном исследовании современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры;
- пользоваться современной научно-технической информацией по радиотехническим приборам и оборудованию;
- применять основные методы анализа квантово-механических устройств и систем на их основе при исследовании результатов измерений;

- использовать современную аппаратуру при исследовании характеристик (параметров) лазерного излучения и режимов генерации квантовых генераторов;
- пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений;
- использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные;

### 1.3 Владеть:

- методами расчета характеристик квантово-механических устройств;
- методами нахождения режимов генерации квантовых генераторов;
- терминологией и научно-технической литературой в области квантовой радиофизике и электронике;
- терминологией и научно-технической литературой по квантовой радиофизике и электронике;
- методами измерений параметров квантово-механических устройств

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Материал изучен полностью, продемонстрирована возможность применения полученных знаний при ответе на сложные вопросы, требующие глубокого понимания материала</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>В основном программа изучена, есть трудности в применении знаний при решении некоторых задач</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Основные понятия курса изучены, однако, отсутствует понимание материала</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Материал либо полностью не изучен, либо есть разделы, в которых студент полностью не разбирается</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

- 3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

#### Контрольно-измерительный материал №1

1. Переходы в квантово-механической системе под влиянием возмущения.

Ширина спектральной линии.

2. Синхронизация мод лазера с неоднородно-уширенной линией усиления.

### **Контрольно-измерительный материал №2**

1. Матрица плотности в квантовой теории и ее свойства.
2. Гауссов пучок в линзовом волноводе.

### **Контрольно-измерительный материал №3**

1. Дипольное излучение (гармонический классический и квантовый осцилляторы).
2. Гелий-неоновый лазер.

### **Контрольно-измерительный материал №4**

1. Механизмы уширения спектральных линий.
2. Резонансные частоты открытых резонаторов.

### **Контрольно-измерительный материал №5**

1. Временная когерентность световых волн.
2. Продольное и поперечное время релаксации.

### **Контрольно-измерительный материал №6**

1. Методы создания инверсной населенности рабочих уровней.
2. Резонаторы со сферическими зеркалами.

### **Контрольно-измерительный материал №7**

1. Перенос энергии электромагнитного поля, ее сохранение и поглощение.
2. Волновые пучки высших порядков.

### **Контрольно-измерительный материал №8**

1. Квантование электромагнитного поля.
2. Способы управления параметрами лазеров. Модуляция добротности.

### **Контрольно-измерительный материал №9**

1. Плотность состояния абсолютно черного тела.
2. Способы управления параметрами лазеров. Синхронизация мод.

### **Контрольно-измерительный материал №10**

1. Матрицы оптических элементов. Линзовый волновод.
2. Шумы в лазерных усилителях.

### **Контрольно-измерительный материал №11**

1. Волновое уравнение для среды с квадратичным профилем показателя

преломления.

2. Твердотельный лазер на рубине.

### **Контрольно-измерительный материал №12**

1. Форм-фактор спектральной линии.

2. Параметры лазерных систем. Условия генерации. Выходная мощность.

### **Контрольно-измерительный материал №13**

1. Нахождение вероятностей индуцированных и спонтанных переходов.

2. Шумы лазерных генераторов.

### **Контрольно-измерительный материал №14**

1. Пространственная когерентность световых волн. Частичная когерентность.

2. Ход лучей между зеркалами оптического резонатора.

### **Контрольно-измерительный материал №15**

1. Критерий устойчивости мод. Самосогласованный метод нахождения мод резонатора.

2. Поляризация и восприимчивость среды.

### **Контрольно-измерительный материал №16**

1. Волновые пучки высших порядков в комбинированных резонаторах.

2. Внешние и внутренние лазерные параметры.

### **Контрольно-измерительный материал №17**

1. Спектральные характеристики лазерного излучения.

2. Гауссов пучок в линзовом волноводе. Закон ABCD.

### **Контрольно-измерительный материал №18**

1. Модовая структура лазерного излучения.

2. Стационарная генерация. Пороговая инверсия. Частота генерации.

### **Контрольно-измерительный материал №19**

1. Устойчивые лучи оптических резонаторов. Неустойчивые резонаторы.

2. Однородное и неоднородное уширение спектральной линии.

### **Контрольно-измерительный материал №20**

1. Доплеровское уширение спектральной линии.

2. Пиковая генерация лазерного излучения.

### **Контрольно-измерительный материал №21**

1. Столкновенное уширение спектральной линии.

2. Резонансные частоты открытых резонаторов. Потери и их виды.

### **Контрольно-измерительный материал №22**

1. Гауссовый пучок в однородной среде. Фокусировка гауссового пучка.
2. Шумы в лазерных усилителях.

### **Контрольно-измерительный материал №23**

1. Гауссовый пучок в линоподобной среде.
2. Модель квантового генератора по Ван дер Полю.

### **Контрольно-измерительный материал №24**

1. Матричный элемент периодичности линзового волновода.
2. Синхронизация мод неоднородно уширенной спектральной линии.

### **Контрольно-измерительный материал №25**

1. Матричный элемент полного обхода открытого резонатора.
2. Модуляция добротности открытого резонатора.

## **19.3.2 Перечень практических заданий**

### **Групповые творческие задания (проекты):**

1. Изучение спектральных характеристик гелий-неонового (He-Ne) лазера.
2. Изучение поперечно-модовой структуры гелий-неонового (He-Ne) лазера.
3. Исследование степени монохроматичности гелий-неонового (He-Ne) лазера.
4. Исследование многомодового и одномодового режима генерации углекислотного лазера.
5. Импульсный азотный лазер. Измерение средней мощности. Определение пиковой мощности.
6. Полупроводниковый лазер. Диаграмма излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
7. Поляризация и модуляция гелий-неонового излучения.

## **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) *(указать нужное)*: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, доклады); письменных работ (контрольные, эссе, сочинения, выполнение практико-ориентированных заданий,*

*лабораторные работы и пр.); тестирования; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа, портфолио и др.).* Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности (*указываете реальную структуру*).

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок (*нужное выбрать*). Критерии оценивания приведены выше.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Направление/специальность:** 03.03.03 Радиофизика

*шифр и наименование направления/специальности*

**Дисциплина:** Б1.В.ДВ.06.02 Квантовая радиофизика

**Профиль подготовки:** Физика информационных систем и коммуникаций, компьютерные технологии передачи информации, информационные системы и технологии, компьютерная электроника, микроэлектроника и полупроводниковые приборы в соответствии с Учебным планом

**Форма обучения:** очная

**Учебный год:** 2026/2027

---

---

Ответственный исполнитель

Зав кафедрой радиофизики  
должность, подразделение



подпись

(Ю.Э. Корчагин) 31.08. 2023 г.  
расшифровка подписи

Исполнители

Исполнители  
Доц. каф. радиофизики  
должность, подразделение



(К.Д. Титов) 31.08. 2023 г.  
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП по направлению/специальности



подпись

(Ю.Э. Корчагин) 31.08. 2023 г.  
расшифровка подписи

Начальник отдела обслуживания ЗНБ



подпись

(Н.В. Белодедова) 31.08. 2023 г.  
расшифровка подписи

---

---

Программа рекомендована НМС физического факультета  
(наименование факультета, структурного подразделения)  
протокол № 2 от 07.06.2023 г.