

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Квантовая радиотехника

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы
Информационные процессы и системы

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.05, Квантовая радиотехника относится к части ОПОП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<i>ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i>	<i>ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.</i>	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	<i>Собеседование</i>
	<i>ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.</i>	Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	<i>Собеседование</i>
<i>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-</i>	<i>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений</i>	Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	<i>Собеседование</i>

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
	ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	<i>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</i>	Собеседование
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	<i>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР</i>	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1 1. Введение. Общие представления о проблемах классической физики при измерениях физических величин, а также при возникновении квантовых явлений. Физические парадоксы, возникающие в классической радиотехнике.	4	2	0	0	2	2
Общие сведения об измерении сигналов, стабильных по частоте. Кварцевые генераторы частоты. Стандарты частоты	6	4	0	0	4	2
Стандартные квантовые пределы (СКП). Принцип и примеры косвенных измерений. Квантовое невозмущающее измерение и вопросы его реализуемости. Измерение импульса и координаты материального тела, а также энергии гармонического осциллятора	7	4	0	0	4	3
Предельная пропускная способность канала связи	8	4	0	0	4	4
Явление сверхпроводимости. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона. Сквид	8	4	0	0	4	4
Стандарты физических величин на основе квантовых явлений	4	2	0	0	2	2
Предел время-частотного разрешения при анализе нестационарных сигналов.	8	4	0	0	4	4
Квантовый эффект Холла	8	4	0	0	4	4
Одноэлектроника	8	4	0	0	4	4

Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:
не предусмотрено

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- компетенций:

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: .

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "квантовая радиотехника".

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа						
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения (согласно оценочным средствам табл.2)

Квантовая радиотехника

Экзаменационные вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Общие представления о проблемах классической физики при измерениях физических величин, а также при возникновении квантовых явлений. Физические парадоксы, возникающие в классической радиотехнике (УФ катастрофа).
2. Общие сведения об измерении сигналов, стабильных по частоте
3. Кварцевые генераторы частоты
4. Стандарты частоты на основе квантовых генераторов
5. Стандарты частоты на основе квантовых дискриминааторов
6. Стандартные квантовые пределы (СКП). Принцип и примеры косвенных измерений. Квантовое невозмущающее измерение и вопросы его реализуемости. Измерение импульса и координаты материального тела, а также энергии гармонического осциллятора
7. Квантовые гироскопы
8. Явление сверхпроводимости
9. Квантовый магнитометр («сквид»). Понятие «кванта» магнитного потока.
10. Стандарт напряжения на основе эффекта Джозефсона.
11. Квантовый эффект Холла и стандарт сопротивления. Связь холловского сопротивления и постоянной тонкой структуры.
12. Количество информации и энтропия. Парадокс Шэннона. Матрица плотности и описание потоков фотонов. Разрешение парадокса Шэннона.
13. Методы анализа на основе аналитического сигнала: функция Рихачека, функция неопределенности Вудворда–Девиса и др. Преобразование Вигнера–Вилля.
14. Явление «одноэлектроники» и перспективы его использования.
15. Эффект кулоновской блокады и туннелирование электронов через разрыв проводника. Возникновение одноэлектронных колебаний и их частота.
16. Использование одноэлектроники в радиоэлектронных системах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Физматгиз. 1962.
2. Брагинский В.Б. Физические эксперименты с пробными телами. – М.: Наука, 1970.
3. Воронцов Ю.И. Теория и методы макроскопических измерений. – М.: Наука, 1989.
4. Воронцов Ю.И. // УФН, 1994, Т.164, С.89-104.
5. Файн В.М. Квантовая радиофизика. – М.: Сов. Радио, 1972.
6. Митюгов В.В. Физические основы теории информации. – М.: Сов. Радио, 1976.
7. Левин М.Л., Рытов С.М. Теория равновесных тепловых флуктуаций в электродинамике. М.: Наука, 1967.
8. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. – М.: ГИФМЛ, 1972.
9. Лихарев К.К., Ульрих Б.Т. Системы с джозефсоновскими контактами. – М.: Изд. МГУ, 1978.
10. Лихарев К.К., Клаесон Е. Одноэлектроника. // В мире науки. 1992, № 8, с.42-48. Флетчер П. // Электроника, 1993, № 17, с.1.
11. Квантовая метрология и фундаментальные константы. Сб. статей. / Пер. с англ. под ред. Р.Н.Фаустова и В.П.Шелеста. – М.: МИР, 1981.
12. Кисляков А.Г. Главы квантовой радиотехники. Учебное пособие. – Изд. ННГУ, 1997, 90

б) дополнительная литература:

1. Кисляков А.Г., Разин В.А., Цейтлин Н.М. Введение в радиоастрономию. Учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника". Часть I. Основы радиоастрономии. Изд. ННГУ и фирмы "Физматлит" (Москва). 1995. 212 с.
2. Кисляков А.Г. Предельная чувствительность радиометров и вопросы ее реализации. Учебное пособие. Изд. ГГУ. Горький, 1988.
3. Saleh A.A.M. Theory of resistive mixers. Cambridge, MA. MIT Press, 1971.
4. Archer J.W. // Proc. of the IEEE, 1985, V.73, PP.109-130.
5. Solymar L. Superconductive Tunneling and Applications. – N.Y.: Wiley, 1972.
6. Richards P.L., Quing Hu. // Proc. of IEEE, 1989, V.77, P.1235.
7. Klitzing K., Dorda G., Pepper M. // Phys. Rev. Lett., 1980, V.45, P.494.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Наличие соответствующей литературы в Фундаментальной библиотеке ННГУ им. Н.И.Лобачевского, использование ресурсов сети Интернет

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор(ы): Черняева М.Б.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.