

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

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

Рабочая программа дисциплины

Квантовая радиотехника

Уровень высшего образования

магистратура

Направление подготовки / специальность

09.04.02 Информационные системы и технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Информационные системы в научных исследованиях

(указывается направленность (профиль))

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала подготовки

2023 год

Нижегород

2023 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____ Фидельман В.Р.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

___ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

Протокол от ___ 20__ г. № ___
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Квантовая радиотехника» (Б1.В.01) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной образовательной программы.

Дисциплина преподается в 1 семестре.

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**	
ПК-13. Способен понимать и применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат, основные законы естествознания, современные языки программирования, программное обеспечение, операционные системы, сетевые технологии	ПК -13.1. Знает: современный математический аппарат, основные законы естествознания, современные языки программирования и программное обеспечение.	ЗНАТЬ: современный математический аппарат, основные законы естествознания в области физических исследований с использованием квантового подхода, современные языки программирования и программное обеспечение	Собеседование
	ПК-13.2. Умеет: проводить разработку алгоритмического и программного обеспечения в области информационных технологий в научных исследованиях.	УМЕТЬ: Использовать алгоритмическое и программное обеспечение в области информационных технологий в задачах в области физических исследований с использованием квантового подхода.	Собеседование
	ПК-13.3. Имеет: практический опыт владения существующими методами и алгоритмами	ВЛАДЕТЬ: навыками использования научно-технической информации и решения задач в области физических исследований с использованием квантового подхода, полученной из	Собеседование

	решения задач цифровой обработки сигналов, опыт работы с научными источниками.	литературных источников в своей профессиональной деятельности.	
--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения	
Общая трудоемкость	7 ЗЕТ
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	34
- занятия лекционного типа, ч	32
- практические занятия, ч	-
- лабораторных, ч	-
КСРиФ, ч	2
самостоятельная работа, ч	164
контроль	54
Промежуточная аттестация	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Общие представления о проблемах классической физики при измерениях физических величин, а также при возникновении квантовых явлений. Физические парадоксы, возникающие в классической радиотехнике	18	2	-	-	2	16

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 2. Общие сведения об измерении сигналов, стабильных по частоте. Кварцевые генераторы частоты. Стандарты частоты	24	4	-	-	4	20
Тема 3. 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	24	4	-	-	4	20
Тема 4. Явление сверхпроводимости. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона. Сквид. Стандарты физических величин на основе квантовых явлений (эффект Джозефсона).	24	4	-	-	4	20
Тема 5. Квантовый эффект Холла. Стандарты физических величин на основе квантовых явлений (эффект Холла)	24	4	-	-	4	20
Тема 6. Одноэлектроника	20	4	-	-	4	16
Тема 7. Предельная пропускная способность канала связи.	20	4	-	-	4	16
Тема 8. Предел время-частотного разрешения при анализе нестационарных	18	2	-	-	2	16

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
сигналов.						
Тема 9. Квантовая оптика	24	4	-	-	4	20
Итого	196	32	-Error! Resource not found.	-Error! Reference not found.	32	164

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме - экзамен.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает изучение учебных и учебно-методических пособий, лекционного материала по соответствующим разделам дисциплины, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов. Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

- Использование Интернет-ресурсов, электронных библиотек, распределенных и централизованных издательских систем.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

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				

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 отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	Не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для выполнения заданий с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые для выполнения заданий с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при выполнении заданий без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к выполнению заданий.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция

Оценка		Уровень подготовки
зачтено		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

5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1.	Общие представления о проблемах классической физики при измерениях физических величин, а также при возникновении квантовых явлений. Физические парадоксы, возникающие при классическом рассмотрении (УФ катастрофа).	ПК-13
2.	Общие сведения об измерении сигналов, стабильных по частоте	ПК-13
3.	Стандарты частоты на основе квантовых генераторов дискриминаторов (общие принципы)	ПК-13
4.	Квантовый генератор на аммиаке	ПК-13
5.	Стандарты частоты на основе квантовых дискриминаторов (общие принципы)	ПК-13
6.	Атомно-лучевая трубка на цезии	ПК-13
7.	Стандартные квантовые пределы (СКП). Принцип и примеры	ПК-13

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
	косвенных измерений. Квантовое невозмущающее измерение и вопросы его реализуемости. Измерение импульса и координаты материального тела, а также энергии гармонического осциллятора	
8.	Явление сверхпроводимости	ПК-13
9.	Квантовый магнитометр («сквид»). Понятие «кванта» магнитного потока.	ПК-13
10.	Стандарт напряжения на основе эффекта Джозефсона	ПК-13
11.	Квантовый эффект Холла и стандарт сопротивления. Связь холловского сопротивления и постоянной тонкой структуры	ПК-13
12.	Явление «одноэлектроники» и перспективы его использования	ПК-13
13.	Эффект кулоновской блокады и туннелирование электронов через разрыв проводника. Возникновение одноэлектронных колебаний и их частота.	ПК-13
14.	Использование одноэлектроники в радиоэлектронных системах.	ПК-13
15.	Количество информации и энтропия. Парадокс Шэннона. Матрица плотности и описание потоков фотонов. Разрешение парадокса Шэннона	ПК-13
16.	Методы анализа на основе аналитического сигнала: функция Рихачека, функция неопределенности Вудворда–Девиса и др. Преобразование Вигнера–Вилля	ПК-13
17.	Измерение поляризационных состояний фотона.	ПК-13
18.	Запутанные состояния и манипуляции с ними	ПК-13
19.	Квантовое распределение ключа	ПК-13

Типовые экзаменационные билеты

-
1. Стандарты частоты на основе квантовых генераторов (общие принципы)
 2. Квантовый магнитометр («сквид»). Понятие «кванта» магнитного потока.

-
1. Атомно-лучевая трубка на цезии.
 2. Квантовый эффект Холла.

-
1. Парадокс Шэннона.
 2. Явление сверхпроводимости.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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
13. Аппаратура для частотных и временных измерений. Под ред.А.П.Горшкова// Изд-во «Советское радио», 1971, 36 стр.
14. Гавриленко В.И., Иконников А.В.КВАНТОВЫЙ ЭФФЕКТ ХОЛЛА (Электронное методическое пособие) //Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 2010, 13 с.

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. С.А.Плешанов, И.И.Самарцев, Ю.А.Турутин. Цезиевая атомно-лучевая трубка с оптической селекцией атомных состояний на входе в СВЧ-резонатор. //Электронная техника, Сер.1, СВЧ-Техника, вып. 1 (489), 2007 с.87-92.
 4. С. И. Багаев, В. И. Чеботаев. ЛАЗЕРНЫЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ// УФН, 1986, Том 148, вып. 1 с.143-178
 5. Н.Демидов, В.Васильев. Водородные стандарты частоты и времени: современное состояние и тенденции развития//ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 4/2008
 6. Брандт Н.Б. Сверхпроводимость.//Соросовский образовательный журнал, №1, 1996, с.100-107
 7. Г.Н.Гольцман. Эффекты Джозефсона в сверхпроводниках.// Соросовский образовательный журнал, Т.6, №4, 2000, с.96-102
 8. В.К.Корнев. Эффект Джозефсона и его применение в сверхпроводниковой электронике.// Соросовский образовательный журнал, Т.7, №8, 2001, с.83-90
 9. Солдатов Е.С., Колесов В.В. ОДНОЭЛЕКТРОНИКА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ//РЭНСИТ, 2012, ТОМ 4, НОМЕР 2 с.71-90
 10. Электрический ток в наноструктурах: кулоновская блокада и квантовые точечные контакты: Учебно-методическое пособие/ Сост. Н. М. Щелкачёв, Я. В. Фоминов. — М.: МФТИ, 2010. — 39 с.
 11. Ткалич В.Л., Макеева А.В., Оборина Е.Е. «Физические основы наноэлектроники». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 83с.
 12. К.фон Клитцинг. Квантованный эффект Холла.//УФН, Т 150, вып.1,1986 с.107-126
-

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Квантовая радиотехника» обусловлено наличием необходимого количества учебников и учебных пособий в библиотеке.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду. Для проведения занятий предназначены лекционные аудитории физического факультета ННГУ (ауд. №507, №509, №516), аудитории, оборудованные персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет №528). При проведении лекционных занятий может быть использована аудитория (№517), оснащенная мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ООП ВПО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

Автор (ы):

к.ф.-м.н, доцент кафедры радиотехники р/ф

М.Б.Черняева

Рецензент

Заведующий кафедрой ИТФИ
д.т.н., профессор

Фидельман В.Р

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета, протокол №б/н от 17.11.2022.