

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
президиумом
Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины
Б3.Б . «Физика волновых процессов»

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.03 «Радиофизика»

Направленность образовательной программы
«Радиофизика и электроника»

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижегород
2022

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика волновых процессов» относится к дисциплинам базовой части профессионального цикла основной образовательной программы (ООП) высшего профессионального образования (ВПО) по направлению подготовки «Радиофизика» на радиофизическом факультете ННГУ.

Дисциплина преподается в 8 семестре. Программа лекционного курса опирается на знания, которые студенты должны иметь в результате изучения содержания модулей «Общая физика» (дисциплин «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика») и «Математика» (дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Аналитическая геометрия», «Векторный и тензорный анализ»), модуля «Методы математической физики» из базовой части математического и естественно-научного цикла.

Целями освоения дисциплины являются:

Целью освоения дисциплины «Физика волновых процессов» является формирование у студентов современного представления об основных понятиях и закономерностях волновых процессов в различных областях физики (акустике, радиотехнике, физике плазмы). Курс демонстрирует междисциплинарный характер теории волновых процессов, без которой не могут обойтись, в первую очередь, акустика, сейсмика и физика плазмы.

Задачи дисциплины:

Научить слушателей физике волн, развить и углубить интуицию в области исследования волн различной физической природы.

Освоение методов решения задач, возникающих при исследовании колебательно-волновых проблем.

Знакомство с методами экспериментального исследования явлений, характеризующих волновой процесс.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-1:</i> способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (этап освоения – завершающий)	Знать: методики получения базовых знаний в области математики и естественных наук, в частности в области физики волновых процессов. Уметь: овладевать базовыми знаниями в области математики и естественных наук, в частности в области физики волновых процессов, и использовать их в профессиональной деятельности Владеть: опытом получения базовых знаний в области математики и естественных наук, в частности в области физики волновых процессов, и их использования в профессиональной деятельности.

ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – завершающий)	Знать: современные образовательные и информационные технологии для самостоятельного приобретения новых знаний в области физики волновых процессов.
	Уметь: самостоятельно приобретать новые знания в области физики волновых процессов, используя современные образовательные и информационные технологии.
	Владеть: опытом самостоятельного приобретения новых знаний в области физики волновых процессов.

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении лабораторного практикума по радиофизике.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 35 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа занятия лекционного типа, 11 часов практические занятия, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 73 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, из которых 36 часов — подготовка к экзамену.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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	Консультации	Всего		Очная	Заочная	Очная	Заочная			
					Очная	Заочная							
1. Введение	3		2		0					2		1	
2. Методы решения задач линейной теории волновых процессов	10		2		2					4		6	
3. Волны в жидкостях и газах	14		6		2					8		6	
4. Волны в упругих твердых телах	6		2		0					2		4	
5. Электромагнитные поля и уравнения	10		2		2					4		6	

Максвелла													
6. Электромагнитные поля в однородной и изотропной плазме	15		4		3						7		8
7. Электромагнитные волны в холодной магнитоактивной плазме	12		4		2						6		6
В т.ч. текущий контроль	2		0		2						2		
Промежуточная аттестация - Экзамен													

3. Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение.

Историческая справка о курсе «Физика волновых процессов». Нижегородская школа по радиофизике. Волны вокруг нас - звук, свет и радиоволны; низкочастотные волны в атмосфере и океане, сейсмические волны в Земле; магнитогидродинамические волны в космосе. Физические поля и волны. Перенос волнами энергии и информации (линии связи, пассивная и активная локация). Теория волновых процессов и уравнения математической физики (уравнения потенциала, теплопроводности, волновое уравнение и уравнение Клейна-Гордона). Монохроматические поля. Комплексная форма записи монохроматического поля. Уравнение Гельмгольца. Плоские, цилиндрические и сферические монохроматические волны. Фазовая скорость. Энергетические характеристики волн.

Раздел 2. Методы решения задач линейной теории волновых процессов.

Принцип суперпозиции для линейных операторов. Постановка задач линейной теории волн. Задача об излучении заданных источников, расположенных в ограниченной области пространства. Условие излучения Зоммерфельда и принцип предельного поглощения. Применение преобразования Фурье для решения линейных уравнений математической физики. Многократные преобразования Фурье как разложение физических полей по плоским волнам. Дисперсионное уравнение. Начальная задача. Понятие о нормальных волнах в средах. Граничная задача. Функции Грина для основных уравнений математической физики и их связь с преобразованиями Фурье. Групповая скорость.

Раздел 3. Волны в жидкостях и газах.

Гипотеза сплошной среды и физические поля в средах. Физические бесконечно малые объемы и интервалы времени. Усреднение по ансамблям, по координатам и по времени. Эргодическая гипотеза. Физико-химические свойства газов, жидкостей, твердых тел и плазмы. Полная замкнутая система уравнений механики для жидкостей и газов: уравнение непрерывности, уравнение Навье-Стокса для баланса импульсов, закон сохранения энергии в дифференциальной и интегральной форме. Проблема замыкания системы уравнений. Линеаризация уравнений механики жидкостей и газов для малых возмущений параметров среды. Уравнения линейной акустики и гидродинамики. Излучение звука осциллирующим поршнем и радиально пульсирующей упругой сферой. Интенсивность и мощность излучения. Акустический импеданс излучателя, присоединенная масса и упругость, сопротивление излучения. Поглощение звуковых волн в вязкой теплопроводной среде. Скорость звука по Ньютону и по Лапласу. Волны на поверхности слоя тяжелой несжимаемой жидкости (зыбь, рябь, цунами и ветровые волны). Акустико-гравитационные и внутренние волны в стратифицированной атмосфере.

Раздел 4. Волны в упругих твердых телах.

Объемная и сдвиговая упругость твердых тел. Математическое описание деформации тела. Закон Гука и уравнения механики изотропных упругих тел. Два типа нормальных волн в

упругом теле. Землетрясения и сейсмические волны. Взаимодействие и трансформация нормальных волн в неоднородных средах. Поверхностная волна Рэлея.

Раздел 5. Электромагнитные поля и уравнения Максвелла.

Электромагнитные поля \vec{E} , \vec{B} , \vec{H} и \vec{D} . Электрические токи свободных и связанных зарядов - токи проводимости, токи электрической поляризации атомов среды и токи намагничивания в среде. Уравнения Максвелла с полным током в среде и сторонними электрическими токами. Электромагнитные поля и волны в среде с постоянными ϵ , μ и σ . Скин-эффект. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Абсолютный комплексный показатель преломления однородной среды.

Раздел 6. Электромагнитные поля в однородной и изотропной плазме.

Введение в физику плазмы. Способы получения плазмы. Квазинейтральность плазмы. Плазма в космическом пространстве, лабораторная плазма. Дебаевское экранирование электрических зарядов в плазме. Радиус Дебая. Определение плазмы. Квазигидродинамическое описание плазмы. Комплексная диэлектрическая проницаемость холодной, изотропной плазмы. Дисперсия волн. Плазменные колебания, ленгмюровская частота. Фазовая и групповая скорость. Затухание из-за соударений. Полное внутреннее отражение и глубина проникновения электромагнитного поля в плазму. Диагностика плазмы.

Раздел 7. Электромагнитные волны в холодной магнитоактивной плазме.

Роль магнитных полей в физике плазмы. Магнитные поля Земли и космических объектов. Тензор электропроводности и диэлектрической проницаемости плазмы. Анизотропия магнитоактивных сред. Обыкновенные и необыкновенные нормальные волны в холодной магнитоактивной плазме без соударений. Показатель преломления этих волн. Показатели преломления и поляризация нормальных волн при их распространении вдоль, поперек и под некоторым углом к направлению внешнего магнитного поля. Эффект Фарадея.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий

Для закрепления пройденного материала для студентов, обучающихся по направлению Радиофизика, на 4 курсе предусмотрен лабораторный практикум, включающий следующие лабораторные работы по физике волновых процессов:

№ п/п	Наименование лабораторной работы
1.	Излучение вертикального электрического диполя вблизи плоской границы раздела двух сред
2.	Распространение декаметровых радиоволн в ионосфере

Предусмотрены в Радиофизическом практикуме.

4. Образовательные технологии

Для реализации компетентностного подхода и стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Виды самостоятельной работы:

- еженедельно к каждому практическому занятию студентам предлагается выполнить домашнее

задание в виде практических задач.

- еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.

2. Порядок контроля выполнения самостоятельной работы:

- контроль выполнения домашнего задания проводится в рамках каждого практического занятия.

- в рамках каждого аудиторного занятия проводится контроль посещаемости.

- список вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Плоская монохроматическая волна.
2. Комплексная форма записи гармонического поля. Уравнение Гельмгольца.
3. Цилиндрические и сферические монохроматические волны.
4. Принцип суперпозиции при решении линейных уравнений математической физики.
5. Постановка задачи об излучении заданных источников, расположенных в ограниченной области пространства. Условие излучения Зоммерфельда и принцип предельного поглощения.
6. Применение преобразования Фурье для решения линейных уравнений математической физики.
7. Начальная и граничная задача.
8. Метод функций Грина.
9. Дисперсионное уравнение. Фазовая и групповая скорости.
10. Физические свойства тел. Потенциал Леннарда-Джонса. Гипотеза сплошной среды.
11. Описание движения сплошной среды в переменных Эйлера и Лагранжа. Полная производная по времени.
12. Уравнение непрерывности в механике жидкости и газа.
13. Основное уравнение механики сплошной среды. Тензор внутренних напряжений.
14. Тензор скоростей деформаций. Теорема Гельмгольца.
15. Уравнение Навье-Стокса.
16. Закон сохранения энергии в вязкой теплопроводящей среде.
17. Полная система уравнений механики жидкостей и газов. Граничные условия.
18. Система уравнений линейной акустики и газодинамики в отсутствие вязкости и теплопроводности. Волновое уравнение. Скорость звука по Лапласу.
19. Поляризация и энергетические характеристики звуковых волн.
20. Звуковые волны в вязкой теплопроводной среде. Изотермическая скорость звука Ньютона.
21. Излучение звука плоским осциллирующим поршнем.
22. Излучение звука радиально пульсирующей упругой сферой: постановка задачи и формулы для полей p и V_r .
23. Интенсивность и мощность излучения акустического монополя. Сила реакции излучения звука. Присоединенная масса и сопротивление излучения.
24. Объемная и сдвиговая упругость твердых тел. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона.
25. Математическое описание деформации тела. Вектор смещения и тензор деформации.
26. Обобщенный закон Гука. Однородные деформации.
27. Основные уравнения линейной теории упругости. Волны в изотропном упругом теле.
28. Уравнения Максвелла-Лоренца. Поляризация и намагничивание. Полный ток в среде.
29. Макроскопические электромагнитные поля и уравнения Максвелла. Граничные условия. Закон сохранения энергии для электромагнитных полей в вакууме.
30. Электромагнитные поля в однородной изотропной среде с постоянными значениями ϵ , μ и σ . Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления.
31. Поляризация плоских электромагнитных волн. Коэффициент поляризации, эллипс поляризации. Параметры Стокса и сфера Пуанкаре.
32. Определение и основные свойства плазмы. Дебаевское экранирование.
33. Квазигидродинамическое описание плазмы. Комплексная диэлектрическая проницаемость холодной изотропной плазмы. Плазменная частота.
34. Электромагнитные поля в холодной изотропной плазме. Диагностика плазмы.
35. Тензор диэлектрической проницаемости холодной магнитоактивной плазмы.

36. Вывод формул для показателей преломления в магнитоактивной плазме. Два типа нормальных волн.
37. Дисперсионные кривые при распространении волн в плазме вдоль внешнего магнитного поля.
38. Дисперсионные кривые при распространении волн в плазме поперек внешнего магнитного поля.
39. Дисперсионные кривые при распространении волн в плазме под углом к внешнему магнитному полю.
40. Эффект Фарадея.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-1: способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (этап освоения – завершающий)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знание фундаментальных понятий, принципов и положений электродинамики, основных законов теории поля, свойств различных сред	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.
Умение анализировать полученные знания и их использования в профессиональной деятельности	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном	Продемонстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

Навыки решения профессиональных задач в области электродинамики	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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – завершающий)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знание закономерностей распространения электромагнитных волн в различных средах и методов расчета полей электромагнитных волн и колебаний	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полностью знания 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.

Умение самостоятельно приобретать новые знания в области электродинамики, используя современные образовательные и информационные технологии	Отсутствии минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки самостоятельного приобретения новых знаний в области электродинамики с использованием современных образовательных и информационных технологий	Отсутствия 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

6.2. Описание шкал оценивания.

Для оценки результатов обучения студентов на экзамене применяется семизначная шкала оценивания.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний и умений используется индивидуальное собеседование по двум теоретическим вопросам билета, в которых обучающемуся предлагается изложить часть из двух разделов содержания дисциплины.

Для оценивания итогов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания в виде краткой формулировки действий,

которые следует выполнить для получения решения предложенной задачи, или описания ожидаемого результата решения предлагаемой задачи.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Пример экзаменационного билета:

Вопрос 1. Дисперсионное уравнение. Фазовая и групповая скорости.

Вопрос 2. Электромагнитные поля в холодной изотропной плазме.

Задача: Электрический диполь находится на высоте h над плоской поверхностью $z = 0$ идеально проводящего полупространства и ориентирован вдоль оси Z . Считая, что ток диполя меняется по гармоническому закону $e^{i\omega t}$, определить поля \vec{E} и \vec{H} . Построить диаграмму направленности излучения по мощности.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З., Грязнова И.Ю., Калинин А.В., Канаков О.И., Корчагин А.Б., Мануилов В.Н., Миловский Н.Д., Павлов И.С., Савикин А.П. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 26 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf.

2. Петрова И.Э., Орлов А.В. Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.

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

а) основная литература:

1. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. *Теория волн*. М. Наука, 1979, 1-е издание, 378 стр; М. Наука, 1990, 2-е издание, 432 стр.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Гидродинамика*. М. Наука, 1986, 734 стр.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Теория упругости*. М. Наука, 1987, 248 стр.
4. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. *Волновые явления в ионосфере и космической плазме*. М. Наука, 392 стр.
5. Петров Е.Ю. Сборник задач по курсу "Физика волновых процессов" (учебно-методическое пособие) Изд-во ННГУ, Н.Новгород, 2009. - 10 с.

б) дополнительная литература:

1. Вайнштейн Л.А. *Электромагнитные волны*. М. Советское радио, 1988, 426 стр.
2. Горелик Г.С. *Колебания и волны*. М. Физматгиз, 1959, 572 стр.
3. Железняков В.В. *Электромагнитные волны в космической плазме*. М. Наука, 1977, 432 стр.
4. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. *Введение в теорию колебаний и волн*. М. Наука, 1984, 432 стр.
5. Гинзбург В.Л. *Теоретическая физика и астрофизика*. М. Наука, 1975, 416 стр.
6. Владимиров В.С. *Уравнения математической физики*. М. Наука, 1971, 280 стр.
7. Джексон Дж. *Классическая электродинамика*. М. Мир, 1965, 704 стр.

в) Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным Образовательным Стандартом Высшего Профессионального Образования с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», квалификация - бакалавр.

Автор _____ Петров Е.Ю.

Рецензент _____ Бакунов М.И.

Заведующий кафедрой _____ Гавриленко В.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.