

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 / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Физика волновых процессов  
(наименование дисциплины (модуля))

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022

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

Дисциплина «Физика волновых процессов» относится к дисциплинам базовой части профессионального цикла основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) 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.

## 2. 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
ОПК-1: способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	З1 (ОПК-1): Знать основные понятия и закономерности волновых процессов в различных областях физики (акустике, электродинамике, физике плазмы). У1 (ОПК-1): Уметь использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач. В1 (ОПК-1): Владеть методами решения задач линейной теории волн.
ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные	З1 (ОПК-2): Знать возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области физики волновых процессов.

образовательные и информационные технологии	
---	--

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

### 3. 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 занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 3 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 37 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 36 часов – экзамен.

#### 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	Всего	
1. Введение	3	2			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			2	4
5. Электромагнитные поля и уравнения Максвелла	10	2	2		4	6
6. Электромагнитные поля в однородной и изотропной плазме	14	4	3		7	7
7. Электромагнитные волны в холодной магнитоактивной плазме	13	4	2		6	7
В т. ч. текущий контроль	3		3		3	
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>						

### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с возможностью применения технологий интерактивного обучения, а также практических занятий, нацеленных на выработку у студентов навыков решения задач физики волновых процессов.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций *используемые на занятиях лекционного типа:*

- лекции-беседы с возможностью использования мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.

*используемые на занятиях практического типа:*

- регламентированная самостоятельная деятельность студентов;
- частично-поисковая деятельность при выполнении методических разработок частей занятия;
- решение проблемных ситуаций для реализации технологии коллективной мыслительной деятельности.

На лекциях раскрываются следующие основные темы изучаемого курса.

### **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  $\epsilon, \mu$  и  $\sigma$ . 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 дециметровых радиоволн в ионосфере

Предусмотрены в Радиофизическом практикуме.

### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы и решение домашних заданий по практике. *Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Особое место отводится самостоятельной практической проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине, таких как применение преобразования Фурье для решения линейных уравнений теории волн, анализ дисперсионных соотношений,

возникающих в задачах о распространении волн различной физической природы. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами физики волновых процессов.

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным изданиям – монографиям и статьям в научных журналах, в том числе и электронным. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов. Итоговой формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Физика волновых процессов» является экзамен. Бесспорным фактором успешной сдачи экзамена является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины (семестра). В этом случае подготовка к экзамену будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Плоская монохроматическая волна.
2. Волновое уравнение.
3. Фазовая и групповая скорости.
4. Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера.
5. Скорость звука. Вектор Умова. Плотность энергии в звуковой волне.
6. Закон Гука.
7. Уравнения Максвелла. Граничные условия.
8. Вектор Пойнтинга. Плотность энергии электромагнитного поля в вакууме.
9. Основные параметры плазмы (плазменная частота и дебаевский радиус).
10. Комплексная диэлектрическая проницаемость холодной изотропной плазмы.
11. Вектор плотности потока энергии.
12. Применение преобразования Фурье для решения линейных уравнений математической физики.
13. Нормальные волны в средах.
14. Тензор внутренних напряжений.
15. Уравнение Навье-Стокса.
16. Линеаризованная система уравнений механики жидкостей и газов. Основные свойства звуковых волн в жидкостях и газах.
17. Уравнение Ламе. Основные свойства упругих волн в твердых телах.
18. Описание электромагнитных полей в сплошных средах. Уравнения Максвелла-Лоренца.
19. Распространение электромагнитных волн в холодной изотропной плазме.
20. Распространение электромагнитных волн в холодной магнитоактивной плазме.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), 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

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> <i>Знать</i> основные понятия и закономерности волновых процессов в различных областях физики (акустике, электродинамике, физике плазмы)	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными и погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
<u>Умения</u> <i>Уметь</i> использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач	Полное отсутствие умения использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач	Отсутствие умения использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения задач	Умение использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач с небольшими	Умение использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач при	Умение использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики для решения конкретных задач	Умение использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики, а также другие теоретические	Умение использовать основные уравнения гидродинамики, теории упругости и электродинамики, а также другие теоретические

	ых задач.	конкретных задач	ми ошибками	наличии незначительных ошибок	задач	знания для решения задач физики волновых процессов	ческие знания для решения нестандартных задач механики и сплошных сред
<u>Навыки</u> Владеть методами решения задач линейной теории волн.	Полное отсутствие навыков решения задач теории волн.	Отсутствие навыков решения задач теории волн.	Наличие минимальных навыков решения задач теории волн.	Посредственное владение навыками решения задач теории волн	Хорошее владение навыками и решения задач теории волн.	Отличное владение навыками решения задач теории волн.	Всестороннее владение навыками решения задач теории волн.
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

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать возможности современных образовательных и информационных технологий для	отсутствии знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными и погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей



приобретения знаний в области физики волновых процессов в..							
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 результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на вопросы допуска, где выявляются знания необходимого теоретического минимума. При условии успешной сдачи программы-минимум студент приступает к практической части экзамена. Ему предстоит решить одну задачу (согласно выбранному им случайным образом билету) и подготовить (с использованием любых источников информации, в том числе с применением современных информационно-коммуникационных технологий) ответы на два теоретических вопроса.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных задач. Студент безупречно решил задачу, дал полный и развернутый ответ на

	<p>теоретический вопрос билета, правильно ответил на дополнительные вопросы, а также решил одно из заданий повышенной сложности, продемонстрировав способность к самостоятельной выработке умений и навыков решения нестандартных задач.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки. Студент безупречно решил задачу, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент решил задачу, дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с небольшими ошибками или недочетами. Студент решил задачу, дал ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний. Студент решил задачу, дал неполный ответ на теоретический вопрос билета, затруднялся с ответом на дополнительные вопросы. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент не решил задачу или испытывал значительные трудности при ее решении. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, не умеет решать задачи. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

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

*Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:*

*- письменные и устные ответы на вопросы.*

*Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:*

*- практические контрольные задания, включающие несколько задач.*

**Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются:** - устное собеседование по программе допуска, решение практических задач, ответ на теоретические вопросы.

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

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины даны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины.

Для оценки сформированности компетенций ОПК-1 и ОПК-2 служат следующие задания.

**Список теоретических вопросов:**

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  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$ . 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.

#### **6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

#### **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. Гинзбург В.Л. *Распространение электромагнитных волн в плазме*. М. Наука, 1967, 684 стр.
5. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. *Волновые явления в ионосфере и космической плазме*. М. Наука, 392 стр.
6. 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.
3. Мандельштам Л.И. *Лекции по теории колебаний*. М. Наука, 1972, 472 стр.
4. Горелик Г.С. *Колебания и волны*. М. Физматгиз, 1959, 572 стр.
5. Железняков В.В. *Электромагнитные волны в космической плазме*. М. Наука, 1977, 432 стр.

6. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. *Введение в теорию колебаний и волн*. М. Наука, 1984, 432 стр.
7. Гинзбург В.Л. *Теоретическая физика и астрофизика*. М. Наука, 1975, 416 стр.
8. Владимиров В.С. *Уравнения математической физики*. М. Наука, 1971, 280 стр.
9. Лайтхилл Д. *Волны в жидкостях*. М. Мир, 1981, 600 стр.
10. Борн М., Вольф Э. *Основы оптики*. М. Наука, 1973, 720 стр.
11. Климантович Ю.Л. *Статистическая физика*. М. Наука, 1982, 608 стр.
12. Джексон Дж. *Классическая электродинамика*. М. Мир, 1965, 704 стр.
13. Кролл Н., Трайвелпис. *Основы физики плазмы*. М. Мир, 1975, 528 стр.
14. Никольский В.В., Никольская Т.И. *Электродинамика и распространение радиоволн*. М. Наука, 1989, 544 стр.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для обучения студентов названной дисциплины имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

Автор \_\_\_\_\_ Петров Е.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_ Калинин А.В.

Заведующий кафедрой акустики \_\_\_\_\_ Гавриленко В.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «9» декабря 2021 года, протокол № 07/21