

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

Радиофизический

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Нелинейные волны в средах без дисперсии

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Акустика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.03 " Нелинейные волны в средах без дисперсии " относится к части ООП 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	
<p>ПК-1:</p> <p><i>Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i></p>	<p>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.</p>	<p><i>Знать</i> основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории нелинейных звуковых волн.</p> <p><i>Уметь</i> свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в области теории нелинейных звуковых волн в средах без дисперсии.</p> <p><i>Владеть</i> базовыми навыками решения задач в области теории нелинейных звуковых волн в средах без дисперсии.</p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>
<p>ПК-2:</p> <p><i>Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских</i></p>	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных</p>	<p><i>Знать</i> современное состояние исследований в области акустики и радиофизики.</p> <p><i>Уметь</i> использовать знания о современном состоянии исследований в области акустики и радиофизики для овладения основами теории нелинейных звуковых волн в средах без дисперсии.</p> <p><i>Владеть</i> навыками расчетов практических задач на основе современных подходов к описанию и моделированию нелинейных звуковых</p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	результатов.	волн в средах без дисперсии.	
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	<p>Знать приближенные методы решения задач в области распространения нелинейных волн в средах без дисперсии.</p> <p>Уметь самостоятельно ставить задачи и выбирать методы их решения в области нелинейных волн в средах без дисперсии.</p> <p>Владеть аналитическими методами исследований в области акустики и радиофизики, в том числе в области нелинейных звуковых волн в средах без дисперсии..</p>	Собеседование, задача (практическое задание)
<p>ПК-3</p> <p>. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	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.	<p>Знать: требования и правила представлений результатов теоретических исследований при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Уметь: использовать полученные знания для корректного представления результатов при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях..</p> <p>Владеть: навыками представления результатов акустических исследований согласно нормативным документам для составления заявок, грантов, проектов НИР.</p>	
	ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	<p>Знать способы представления результатов научных исследований.</p> <p>Уметь самостоятельно изложить полученные научные результаты на языке, понятном академическому или бизнес-сообществу.</p> <p>Владеть опытом наглядного представления результатов исследований в области физики нелинейных волн в средах без дисперсии..</p>	

3. Структура и содержание дисциплины «Нелинейные волны в средах без дисперсии»

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа	32
самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Физические примеры нелинейных волн в средах без дисперсии: нелинейная акустика, кинематические волны, волны транспорта, гравитационная турбулентность	28	6			6	12
Базовые уравнения – уравнение Римана (уравнение простой волны), одномерное и векторное уравнение Бюргерса	28	6			6	12
Слабые решения уравнений 1-го порядка и глобальный принцип для потока слипающихся частиц. Свойства решений уравнения Бюргерса уравнение KPZ.	27	5			5	12
Точное решение уравнения Бюргерса и уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса	28	5			5	13
Решения уравнение Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц	28	5			5	13
Эволюция основных типов возмущений	28	5			5	13
В т.ч. текущий контроль	2	2			2	-
Промежуточная аттестация – экзамен						

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала лекционных занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы.

Примеры контрольных заданий:

1. Решение нелинейных уравнений 1-го порядка, решение уравнения Римана
2. Спектральное представление решения уравнения Римана
3. Уравнение роста линий и его решение
4. Многопоточные решения уравнения Римана и уравнения для плотности
5. Слабые решения уравнений 1-го порядка

6. Глобальный принцип для потока слипающихся частиц
7. Уравнение Бюргерса и уравнение KPZ
8. Свойства решений уравнения Бюргерса
9. Точное решение уравнения Бюргерса
10. Решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.
11. Уравнение Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц.
12. Эволюция основных типов возмущений.

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

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности и 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	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	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	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

	ответа		объеме.	недочетами.	с недочетами	объеме.	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 некоторым и 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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
зачтено	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, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Диспергирующие и гиперболические волны.	ПК-1
2. Нелинейность и дисперсия.	ПК-1
3. Условия синхронизма для среды с квадратичной нелинейностью.	ПК-1
4. Нелинейные модельные уравнения (уравнение Римана и уравнение Бюргерса).	ПК-1
5. Физические примеры нелинейных волн в средах без дисперсии.	ПК-1
6. Решение нелинейных уравнений 1-го порядка, решение уравнения Римана методом характеристик.	ПК-1
7. Многопоточные решения уравнения Римана и уравнения для плотности.	ПК-2
8. Спектральное представление решения уравнения Римана для скорости и плотности.	ПК-2
9. Точное решение уравнения Бюргерса.	ПК-2
10. Асимптотическое решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.	ПК-2
11. Уравнение Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц.	ПК-2
12. Эволюция основных типов возмущений.	ПК-2
13. Найти решение нелинейного уравнения 1-го порядка - уравнения Римана	ПК-3
14. Вывести спектральное представление решения уравнения Римана для скорости	ПК-3
15. Вывести спектральное представление решения уравнения для плотности	ПК-3
16. Вывести спектральное представление решения уравнения Римана для скорости при гармоническом начальном возмущении	ПК-3
17. Вывести уравнение роста линий и получить его решение	ПК-3
18. Получить условие возникновения многопоточного решения уравнения Римана	ПК-3
19. Вывести слабое решение уравнения Римана	ПК-3

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Найти решение нелинейного уравнения 1-го порядка - уравнения Римана
2. Вывести спектральное представление решения уравнения Римана для скорости
3. Вывести спектральное представление решения уравнения для плотности
4. Вывести спектральное представление решения уравнения Римана для скорости при гармоническом начальном возмущении
5. Вывести уравнение роста линий и получить его решение

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Получить условие возникновения многопоточного решения уравнения Римана
2. Вывести слабое решение уравнения Римана
3. Вывести глобальный принцип для потока слипающихся частиц
4. Установить связь уравнения Бюргерса и уравнения KPZ

5. Привести общие свойства решений уравнения Бюргерса

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Вывести точное решение уравнения Бюргерса
2. Получить решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.
3. Установить связь уравнения Бюргерса и динамики газа слипающихся частиц.
4. Привести примеры эволюция основных типов возмущений.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гурбатов С.Н. Лекции по механике сплошных сред . Н.Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2023. – 137 с.
2. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с.
3. Гурбатов С.Н. , Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. М.: Физматлит, 2008. - 495 с.

б) дополнительная литература:

1. Гурбатов С.Н., Дерябин М.С., Касьянов Д.А., Курин В.В. Об использовании вырожденного параметрического взаимодействия интенсивных акустических пучков для усиления слабых сигналов // Акустический журнал. Т.63, с. 235-245 (2017)
2. Руденко О.В., Гурбатов С.Н. Обратная задача нелинейной акустики: синтез интенсивных сигналов для усиления теплового и радиационного воздействия ультразвука // Акустический журнал. Т.62, с. 412-423 (2016)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Прончатов-Рубцов Н.Р. Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 80 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

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: .ф.-м.н., профессор Гурбатов С.Н.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.