

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Нелинейные волны в средах без дисперсии

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Акустика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Нелинейные волны в средах без дисперсии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<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>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</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 в области нелинейных волн в средах без дисперсии</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию в области нелинейных волн в средах без дисперсии, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	Опрос	Экзамен: Задания
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические,</p>	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов в области нелинейных волн в средах без дисперсии	Опрос	Экзамен: Задания

работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи в области нелинейных волн в средах без дисперсии</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР в области нелинейных волн в средах без дисперсии</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области нелинейных волн в средах без дисперсии</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<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> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<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> <p>ПК-3.2: Представляет результаты исследований в области нелинейных волн в средах без дисперсии академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	Опрос	Экзамен: Задания

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

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

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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 (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Физические примеры нелинейных волн в средах без дисперсии: нелинейная акустика, кинематические волны, волны транспорта, гравитационная турбулентность	7	4		4	3
Базовые уравнения – уравнение Римана (уравнение простой волны), одномерное и векторное уравнение Бюргерса	8	4		4	4
Слабые решения уравнений 1-го порядка и глобальный принцип для потока слипающихся частиц. Свойства решений уравнения Бюргерса уравнение KPZ.	10	6		6	4
Точное решение уравнения Бюргерса и уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса	12	6		6	6
Решения уравнения Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц	12	6		6	6
Эволюция основных типов возмущений	12	6		6	6
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

## Содержание разделов и тем дисциплины

Физические примеры нелинейных волн в средах без дисперсии: нелинейная акустика, кинематические волны, волны транспорта, гравитационная турбулентность

Базовые уравнения – уравнение Римана (уравнение простой волны), одномерное и векторное уравнение Бюргерса

Слабые решения уравнений 1-го порядка и глобальный принцип для потока слипающихся частиц.

Свойства решений уравнения Бюргерса уравнение KPZ.

Точное решение уравнения Бюргерса и уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса

Решения уравнения Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц

Эволюция основных типов возмущений

Практические 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.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823580&idb=0>

### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

#### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

##### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Диспергирующие и гиперболические волны.
2. Нелинейность и дисперсия.
3. Условия синхронизма для среды с квадратичной нелинейностью.
4. Нелинейные модельные уравнения (уравнение Римана и уравнение Бюргерса).
5. Физические примеры нелинейных волн в средах без дисперсии.
6. Решение нелинейных уравнений 1-го порядка, решение уравнения Римана методом характеристик.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Многопоточные решения уравнения Римана и уравнения для плотности.
2. Спектральное представление решения уравнения Римана для скорости и плотности.
3. Точное решение уравнения Бюргерса.
4. Асимптотическое решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.
5. Уравнение Бюргерса и динамика газа слипающихся частиц.
6. Эволюция основных типов возмущений.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

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
6. Получить условие возникновения многопоточного решения уравнения Римана
7. Вывести слабое решение уравнения Римана

### Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Удовлетворительное знание содержания курса: В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами или хотя бы минимальный уровень теоретических знаний. Студент может делать ошибки при ответе, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ.
не зачтено	Неудовлетворительное знание содержания курса: Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

## Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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 базовых навыков. 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 оценивания 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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) 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

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) 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

#### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) 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.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)



Оценка	Критерии оценивания
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»
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»

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

Основная литература:

1. Нелинейные случайные волны в средах без дисперсии : учебное пособие. Ч. 1 / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, А. В. Клемина, Н. В. Прончатов-Рубцов ; НГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2016. - 97 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823580&idb=0>.
2. Гурбатов Сергей Николаевич. Нелинейные случайные волны: акустическая и гравитационная турбулентность : учебное пособие. Ч. 2 / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, Н. В. Прончатов-Рубцов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 130 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=793868&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Акустика в задачах / Бархатов А.Н., Горская Н.В., Горюнов А.А., Гурбатов С.Н., Можаяев В.Г., Руденко О.В. - Москва : Физматлит, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=636091&idb=0.

2. Руденко Олег Владимирович. Нелинейная акустика в задачах и примерах : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Физика", "Физика открытых нелинейных систем", "Фундаментальная радиофизика и физическая электроника". - М. : Физматлит, 2007. - 176 с. - ISBN 5-9221-0761-5 : 181.39., 62 экз.

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

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823580&idb=0>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Проектор для демонстрации презентаций

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 по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.