

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
(факультет / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины

Введение в теорию нелинейных волн

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01, введение в теорию нелинейных волн относится к части ООП направления подготовки 03.03.03 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**	
ПК-1. Способен анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	Знать методы решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейных волн на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Собеседование
ПК-2. Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований	ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований	Знать основные методы радиофизических измерений характеристик нелинейных волн	Собеседование

ных исследований в области радиофизики.	х исследований в области радиофизики. ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.		
---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	39
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

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	ная работа обучаю

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Дисперсионное уравнение и энергия волн в слабодиссипативных средах	17		8		8	9
2. Нелинейное взаимодействие волн	19		9		9	10
3. Нелинейные волны в консервативных средах со слабой дисперсией	8		3		3	5
4. Модулированные нелинейные волны в консервативных средах	8		3		3	5
5. Самоорганизация, структуры и турбулентность диссипативных неравновесных средах	19		9		9	10
В т. ч. текущий контроль	1		1		1	
Промежуточная аттестация – зачет						

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,

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

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	незачет	незачет	зачет»	зачет	зачет	зачет	зачет
Знать методы решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейных волн на основе информационн	Отсутствие необходимых знаний	Фрагментарные знания методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейн	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейн	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейных волн на	Знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности в области теории нелинейных волн на основе

ой и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности		области теории нелинейных волн	нелинейных волн с рядом негрубых ошибок	ых волн с рядом заметных погрешностей	ых волн с незначительными погрешностями	основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий без ошибок и погрешностей	информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20%	21 – 50%	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 99%	100%

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Зачтено	Превосходная, отличная, очень хорошая, хорошая или удовлетворительная подготовка. Обучаемый не менее чем удовлетворительно отвечает на вопросы программы – минимум и основной вопрос, а также на большинство дополнительных вопросов.
Незачтено	Обучаемый показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий, допускает значительные ошибки при ответах на большинство дополнительных вопросов. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
ДИСПЕРСИОННОЕ УРАВНЕНИЕ И ЭНЕРГИЯ ВОЛН В СЛАБОДИССИПАТИВНЫХ СРЕДАХ	ПК-1
1. Дисперсионное уравнение и свойства симметрии его решений.	ПК-1
2. Решение задач с начальными и граничными условиями для монохроматических волн. Формализм сопряженной задачи на собственные значения.	ПК-1
3. Две формы записи общего решения линейной задачи для широких волновых пакетов.	ПК-1
4. Переход от дискретной LC-линии к распределенной модели. Дисперсионные уравнения для распределенной и дискретной LC-линий.	ПК-1
5. Моделирование сред с дисперсией в области низких, высоких и промежуточных частот с помощью распределенных LC-линий.	ПК-1

6. Дисперсионные ветви и неустойчивость холодной системы пучок-плазма в приближении плоских волн.	ПК-1
7. Дисперсионные ветви и неустойчивость холодной системы пучок-плазма с ограниченным поперечным сечением. Эффект редукции пространственного заряда.	ПК-1
8. Вывод уравнения для комплексной амплитуды волны пространственного заряда, возбуждаемой слабым сторонним током. Асимптотический метод Боголюбова-Митропольского.	ПК-1
9. Спектрально-операторный формализм. Действие спектрального оператора на квазимонохроматическое волновое поле.	ПК-1
10. Уравнение энергетического баланса и выражение для плотности энергии волн пространственного заряда. Границы применимости понятия волновой энергии.	ПК-1
11. Понятие слабодиссипативной среды на примере волн пространственного заряда в системе пучок-плазма с диссипацией. Баланс волновой энергии в слабодиссипативной среде.	ПК-1
12. Волны с отрицательной энергией (ВОЭ) в неравновесных средах на примере плоских волн пространственного заряда в электронном потоке и в системе пучок-плазма. Формализм ВОЭ в линейных средах.	ПК-1
НЕИНЕЙНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЛН	ПК-1
1. Построение уравнений трехволнового резонансного взаимодействия для многопоточковой системы заряженных частиц методом Боголюбова-Митропольского. Графическое определение резонансных волновых триплетов.	ПК-1
2. Соотношения Мэнли-Роу для трехволнового резонансного взаимодействия в консервативных средах и аналогия с процессами распада и слияния квазичастиц в квантовой механике.	ПК-1
3. Распадная неустойчивость ВЧ-волны и «нераспадность» НЧ-волн при трехволновом резонансном взаимодействии в равновесных средах.	ПК-1
4. Качественное исследование трехволнового взаимодействия в фазовом пространстве на эллипсоиде	ПК-1
5. Учет потерь и расстройки от резонанса в уравнениях трехволнового взаимодействия	ПК-1
6. Уравнение для спектральной плотности амплитуды при взаимодействии широких волновых пакетов и переход к узким волновым пакетам.	ПК-1
7. Стационарное резонансное взаимодействие трех волн в пространстве при разных знаках групповых скоростей волн. Особенности параметрического усиления встречных волн на примере вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) в газе.	ПК-1
8. Особенности трехволнового резонансного взаимодействия в неравновесных средах. Распад низкочастотных волн и взрывная неустойчивость.	ПК-1
9. Четырехволновое взаимодействие в консервативных средах с кубичной нелинейностью. Самовоздействие волн и нелинейный сдвиг частоты.	ПК-1
10. Самовоздействие волн и возникновение среднего поля в среде с квадратичной нелинейностью (на примере модельного уравнения).	ПК-1
11. Взрывная неустойчивость при резонансном взаимодействии электромагнитных волн положительной энергии в распределенной LC-линии с нелинейной утечкой. Жесткое возбуждение волн при взрывной неустойчивости.	ПК-1
12. Нерезонансное взаимодействие двух неустойчивых волн в активной среде. Эволюция пространственно однородных волн во времени и попутных волн в пространстве. Мультистабильность и конкуренция волн.	ПК-1
13. Нерезонансное взаимодействия двух встречных волн в резонаторе, заполненном активной средой. Условие возникновения пространственно неоднородных режимов генерации.	ПК-1
14. Параметрическая неустойчивость и захват модулированных волн. Условие захвата слабых волн прямоугольным импульсом накачки.	ПК-1

15. Пространственно-временная аналогия и захват слабых волн пучком накачки.	ПК-1
НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ В КОНСЕРВАТИВНЫХ СРЕДАХ СО СЛАБОЙ ДИСПЕРСИЕЙ.	ПК-2
1. Вывод уравнения Кортевега де Вриза для распределенной LC-линии со слабой дисперсией в области длинных волн. Одноволновое приближение и метод Боголюбова-Митропольского для нелинейных волн.	ПК-2
2. Стационарные волны в уравнении Кортевега де Вриза. Солитоны и кноидальные волны.	ПК-2
3. Уравнение Кортевега де Вриза для волн на мелкой воде. Влияние потерь на форму стационарной волны. Волнистая и турбулентная боры.	ПК-2
4. Понятия о методе обратной задачи теории рассеяния. Асимптотические свойства решений уравнения Кортевега де Вриза. Аналогия солитонов с частицами.	ПК-2
5. Вывод уравнения Кортевега де Вриза из уравнения для волновых пакетов как основа для построения эталонных уравнений для длинных нелинейных волн.	ПК-2
6. Уравнение Бенджамина-Оно для среды в «квадратичной» дисперсией и одномерные алгебраические солитоны	ПК-2
7. Уравнение Кадомцева-Петвиашвили как обобщение уравнения Кортевега де Вриза для двумерных волн. Двумерные алгебраические солитоны в среде с «положительной» дисперсией.	ПК-2
МОДУЛИРОВАННЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ В КОНСЕРВАТИВНЫХ СРЕДАХ	ПК-2
1. Построение нелинейного уравнения Шредингера на основе результатов анализа динамики волновых пакетов.	ПК-2
2. Нелинейное параболическое уравнение для волновых пучков в изотропных средах.	ПК-2
3. Модуляционная неустойчивость бегущей волны и ее интерпретация на языке четырехволнового параметрического процесса.	ПК-2
4. Самофокусировка плоской волны и волновых пучков.	ПК-2
5. Одномерные солитоны огибающей в нелинейном уравнении Шредингера.	ПК-2
САМООРГАНИЗАЦИЯ, СТРУКТУРЫ И ТУРБУЛЕНТНОСТЬ В ДИССИПАТИВНЫХ НЕРАВНОВЕСНЫХ СРЕДАХ	ПК-2
6. Одномерное уравнение Гинзбурга-Ландау и его двумерное обобщение.	ПК-2
7. Устойчивость когерентных структур в виде бегущих волн в уравнении Гинзбурга-Ландау.	ПК-2
8. Диссипативный предел уравнения Гинзбурга-Ландау. Понятие градиентной системы.	ПК-2
9. Решение диссипативного уравнения Гинзбурга-Ландау в виде вихрей. Вихри как топологические дефекты полного волнового поля.	ПК-2
10. Структуры и турбулентность в двумерном уравнении Гинзбурга-Ландау (галерея феноменов).	ПК-2
11. Термическая конвекция как пример структурообразующей системы. Число Релея и число Прандтля. Нейтральная кривая для конвективных валов.	ПК-2
12. Кольцо неустойчивости на плоскости волновых чисел и уравнение Свифта-Хоенберга.	ПК-2
13. Описание конкуренции в валиковых структур на основе уравнения Свифта-Хоенберга.	ПК-2
14. Описание конкуренции валов и шестигранников в рамках уравнения Свифта-Хоенберга. Устойчивость и предпочтительность шестигранников. Понятие о пенто-гепто дефектах в системе шестигранников.	ПК-2
15. Уравнение Ньюэла-Вайтхеда-Сегеля для конвективных валов. Движение дислокаций в системе искривленных валов.	ПК-2

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984. 432 С. – 161 экз.
2. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.: Наука, 1979. 383 с. – 145 экз.
3. А. Пиковский, М Розенблум, Ю. Куртс. Мир физики и техники: Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера, 2003. 496 С. – 23 экз.
4. Михайловский А.Б. Теория плазменных неустойчивостей. Т.1. М.: Атомиздат, 1975. 272 с. – 16 экз.

б) дополнительная литература:

1. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988. – 12 экз.
2. Скотт Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. М.: Сов. радио, 1977. 367 с. – 17 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.rf.unn.ru/generalphysics/ru/education>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

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 – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор (ы) Бакунов М.И.

Заведующий кафедрой Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.