

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

Кафедра теории колебаний и автоматического регулирования

УТВЕРЖДЕНО

президиумом Ученого совета ННГУ

протокол от

30.11.2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Дискретные брызеры

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04, Дискретные брызеры относится к части ОПОП 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	
<i>ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i>	<i>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.</i>	<i>ПК-1.1: Знает условия применимости методов исследования колебаний: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.</i>	<i>Собеседование</i>
	<i>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.</i>	<i>ПК-1.2.: Умеет систематизировать и обобщать результаты исследования, полученные разными методами.</i>	<i>Собеседование Задания</i>
<i>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформл</i>	<i>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</i>	<i>ПК-2.1: Знает современные подходы к описанию и моделированию локализации колебаний и неустойчивости волн в решёточных волновых системах.</i>	<i>Задания</i>
	<i>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</i> <i>ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.</i>	<i>ПК-2.2: Умеет выбирать и применять точные и приближённые методы исследования динамики решёточных волновых систем: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.</i> <i>ПК-2.3.: Владеет навыками исследований в области</i>	<i>Собеседование Задания</i>

	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	динамики решёточных волновых систем. ПК-2.4. Умеет анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	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. ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнессообществу. ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	ПК-3.1: Знает правила оформления рукописей в научных изданиях, специализирующихся в области динамики решёточных волновых систем. ПК-3.2: Умеет представлять результаты исследований динамики решёточных волновых систем. ПК-3.3. Владеет навыками формулировки постановки задачи, изложения методов и результатов исследования на примере анализа динамики волновых решёточных систем.	Собеседование Собеседование Задания Собеседование Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

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

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1: Динамика изолированного осциллятора	8	4	0	0	4	4
Тема 2: Динамика линейных цепочечных систем	8	4	0	0	4	4
Тема 3: Основные свойства дискретных брызгов в нелинейных цепочечных системах	8	4	0	0	4	4
Тема 4: Методы численного отыскания и конструктивное доказательство существования дискретных брызгов	10	5	0	0	5	5
Тема 5: Дискретное нелинейное уравнение Шрёдингера (ДНУШ)	9	5	0	0	5	4
Тема 6: Устойчивость бегущей волны в ДНУШ	9	5	0	0	5	4
Тема 7: Условия и характеристики модуляционной неустойчивости бегущей волны в ДНУШ	9	5	0	0	5	4
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

4.1 Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Нелинейный осциллятор с мягкой и жесткой нелинейностью. Отыскание зависимости частоты (периода) колебаний от энергии осциллятора в приближении Ван-дер-Поля.
2. Линейные цепочечные системы. Дисперсионные уравнения для распространяющихся гармонических волн и колебательных решений, экспоненциальных по пространственной координате.
3. Поток энергии в линейных цепочках в распространяющейся волне, в экспоненциально-локализованном колебательном решении и в суперпозиции решений.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

в) Интернет-ресурсы и программное обеспечение

1. Канаков О.И., Флах С., Шалфеев В.Д. Введение в теорию дискретных бризеров //Изв. ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 2008. Т. 16, №3. С. 112–128.
<http://andjournal.sgu.ru/sites/default/files/2008no3p112.pdf>
2. Подборка статей С. Флаха (S. Flach) по дискретным бризерам
<http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~flach/html/dbreather.html>
3. JAVA – приложение для моделирования дискретного бризера (автор А. Мирошниченко) http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~andreyim/db_anim/db_anim.html

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

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности 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	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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающег ося от ответа						
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося 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
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося 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 оценки 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
	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

5.2.1 Контрольные вопросы

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. Понятие дискретного брызера (ДБ) – пространственно-локализованного колебательного решения. Необходимые условия существования ДБ. Дискретность и нелинейность как физические предпосылки существования ДБ.	ПК-1, ПК-2, ПК-3
2. Отыскание количественных характеристик ДБ. Зависимость показателя экспоненциальной асимптотики пространственной локализации ДБ от его частоты. Расчет зависимости частоты ДБ от его энергии в рамках одночастичного приближения, область применимости этого приближения, истинный вид этой зависимости (численный результат без использования одночастичного приближения).	ПК-1, ПК-2, ПК-3
3. Метод секущей Пуанкаре для отыскания периодических решений. Модификация метода Пуанкаре для систем с интегралом движения (в частности, с сохраняющейся энергией).	ПК-1, ПК-2, ПК-3
4. Построение ДБ в цепочках конечной длины методом непрерывного продолжения решения по параметру связи, начиная от случая нулевой связи (антиконтинуального предела). Проверка условий теоремы о неявных функциях для отображения в себя подмногообразия секущей Пуанкаре.	ПК-1, ПК-2, ПК-3

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-3

1. Обосновать замыкание фазовой траектории, соответствующей неподвижной точке отображения в себя подмногообразия секущей Пуанкаре, в конечном интервале изменения параметра.

2. Вывести дискретное нелинейное уравнение Шрёдингера (DNLS) в рамках приближения Ван-дер-Поля (медленно меняющихся амплитуд) из уравнений движения цепочки связанных осцилляторов.

3. Получить «Нелинейное дисперсионное соотношение» для решения вида бегущей волны в DNLS.

4. Линеаризовать DNLS в окрестности бегущей волны (записать линеаризованные уравнения динамики «дискретной огибающей» – малых добавок к комплексной амплитуде волны).

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

а) основная литература:

1. Flach S., Gorbach A. Discrete Breathers: Advances in Theory and Applications //Physics Reports. 2008. V. 467. P. 1-116.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 1. Механика – М.: Физматлит, 2007. – 224 с.
3. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. – М.: Наука, 1984 (1 изд.), 1992 (2 изд.), 2002 (3 изд.).

б) дополнительная литература:

1. Канаков О.И. Флах С. Динамическая локализация энергии в решеточных системах: учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. — 85 с. http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2011/posobie_Kanakov_OI.pdf
 2. Канаков О.И. Модуляционная неустойчивость и дискретные бризеры: Учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. — 19 с. http://www.rf.unn.ru/rus/ktk/sites/default/files/breathers_manual.pdf
- Арнольд В.И. Математические методы классической механики. 3-е издание – М.: Наука, 1989. – 472 с. [4-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2000. 5-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2003].

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные аудитории.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Канаков О.И. д.ф.-м.н., проф. каф. Теории колебаний и автоматического регулирования

Рецензент(ы): Осипов Г.В., д.ф.-м.н., доц., зав. каф. теории управления и динамики систем ИИТММ

Заведующий кафедрой: Матросов В.В. д.ф.-м.н., проф.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета, от 14.11.22, протокол № 08/22.