

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

Локализация энергии в цепочечных системах

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Биоинформатика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Локализация энергии в цепочечных системах 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
УК-4: Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1: Знает современные коммуникативные технологии УК-4.2: Умеет применять их на практике для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3: Владеет методами устного и письменного общения, в том числе на иностранном языке	УК-4.1: Умеет систематизировать и обобщать результаты исследования, полученные разными методами. УК-4.2: Владеет навыками исследований в области динамики решёточных волновых систем. УК-4.3: Знает условия применимости методов исследования колебаний: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Задания
ПК-2: Способен использовать в педагогической деятельности основы научных знаний в сфере информационно-коммуникационных технологий	ПК-2.1: Знает методологию использования в педагогической деятельности научные основы знаний в сфере информационно-коммуникационных технологий ПК-2.2: Умеет применять основы знаний в сфере информационно-коммуникационных технологий в педагогической деятельности ПК-2.3: Имеет практический опыт применения основ знаний в	ПК-2.1: Знает современные подходы к описанию и моделированию локализации колебаний и неустойчивости волн в решёточных волновых системах. ПК-2.2: Умеет выбирать и применять точные и приближённые методы исследования динамики решёточных волновых систем: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Задания

	сфере информационно-коммуникационных технологий в педагогической деятельности	ПК-2.3: Умеет анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.		
--	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	65
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 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/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Динамика изолированного осциллятора	15	5		5	10
Динамика линейных цепочечных систем	15	5		5	10
Основные свойства дискретных брызгов в нелинейных цепочечных системах	15	5		5	10
Методы численного отыскания и конструктивное доказательство существования дискретных брызгов	12	4		4	8
Дискретное нелинейное уравнение Шрёдингера (ДНУШ)	15	5		5	10

Устойчивость бегущей волны в ДНУШ	12	4		4	8
Условия и характеристики модуляционной неустойчивости бегущей волны в ДНУШ	13	4		4	9
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	0	34	65

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел I. Фазовые портреты гармонического осциллятора, консервативного нелинейного осциллятора. Нелинейный осциллятор с мягкой и жесткой нелинейностью. Зависимость частоты (периода) колебаний от энергии осциллятора.

Раздел II. Линейные цепочечные системы. Дисперсионные уравнения для распространяющихся гармонических волн и колебательных решений, экспоненциальных по пространственной координате. Поток энергии в линейных цепочках: случаи распространяющейся волны и экспоненциальных колебательных решений.

Раздел III. Понятие дискретного бризера (ДБ) – пространственно-локализованного колебательного решения. Необходимые условия существования ДБ. Дискретность и нелинейность как физические предпосылки существования ДБ. Отыскание количественных характеристик ДБ. Зависимость показателя пространственной локализации от частоты ДБ. Расчет зависимости частоты ДБ от его энергии в рамках одночастичного приближения.

Раздел IV. Метод секущей Пуанкаре для отыскания периодических решений. Модификация метода секущей Пуанкаре для систем с интегралом движения (в частности, с сохраняющейся энергией). Построение ДБ методом непрерывного продолжения решения по параметру связи, начиная от случая нулевой связи (антиконтинуального предела). Достаточное условие существования ДБ в цепочке из конечного числа осцилляторов.

Раздел V. Вывод дискретного нелинейного уравнения Шрёдингера (ДНУШ) в рамках приближения медленно меняющихся амплитуд из уравнений движения цепочки связанных осцилляторов. Условия применимости приближения. Бегущая волна как точное решение ДНУШ. «Нелинейное дисперсионное соотношение».

Раздел VI. Линеаризация ДНУШ в окрестности бегущей волны. Линеаризованные уравнения динамики дискретной огибающей. Исследование линейных уравнений дискретной огибающей на устойчивость.

Раздел VII. Условие возникновения модуляционной неустойчивости бегущей гармонической волны в ДНУШ. Инкремент нарастания дискретной огибающей. Преимущественный пространственный масштаб неустойчивости. Нелинейное взаимодействие пакетов. Сценарий формирования дискретных бризеров в нелинейных цепочках из бегущей волны вследствие модуляционной неустойчивости.

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.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

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 - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции УК-4:

1. Понятие дискретного бризера (ДБ) – пространственно-локализованного колебательного решения. Необходимые условия существования ДБ. Дискретность и нелинейность как физические предпосылки существования ДБ.

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).

3. Метод секущей Пуанкаре для отыскания периодических решений. Модификация метода Пуанкаре для систем с интегралом движения (в частности, с сохраняющейся энергией).

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 подмножества секущей Пуанкаре.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Понятие дискретного бризера (ДБ) – пространственно-локализованного колебательного решения. Необходимые условия существования ДБ. Дискретность и нелинейность как физические предпосылки существования ДБ.

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).

3. Метод секущей Пуанкаре для отыскания периодических решений. Модификация метода Пуанкаре для систем с интегралом движения (в частности, с сохраняющейся энергией).

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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 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» 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» 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» Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»,

Оценка	Критерии оценивания
	при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

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	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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продемонстрированы навыки при решении нестандарт	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х 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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	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-2

Нелинейный осциллятор с мягкой и жесткой нелинейностью. Отыскание зависимости частоты (периода) колебаний от энергии осциллятора в приближении Ван-дер-Поля.

Линейные цепочечные системы. Дисперсионные уравнения для распространяющихся гармонических волн и колебательных решений, экспоненциальных по пространственной координате.

Поток энергии в линейных цепочках в распространяющейся волне, в экспоненциально-локализованном колебательном решении и в суперпозиции решений.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции УК-4

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).

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. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика. Том 1. Механика : Учебное пособие. - 7-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 224 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1611-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741030&idb=0>.
2. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432 с. : ил. - 1.30., 161 экз.

Дополнительная литература:

1. Канаков Олег Игоревич. Динамическая локализация энергии в решеточных системах: основы теории и приложения : учебное пособие / О. И. Канаков, С. Флах ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 85 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851238&idb=0>.

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

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.mpi-pks-dresden.mpg.de/~flach/html/dbreather.html>
3. JAVA – приложение для моделирования дискретного бризера (автор А. Мирошниченко) http://www.mpi-pks-dresden.mpg.de/~andrey-m/db_anim/db_anim.html

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Канаков Олег Игоревич, доктор физико-математических наук.

Рецензент(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023, протокол № 09/23.