

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**

Дискретные брызеры

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Дискретные брызеры 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 физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	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 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	ПК-1.1: Знать условия применимости методов исследования колебаний: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.  ПК-1.2: Уметь систематизировать и обобщать результаты исследования, полученные разными методами.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы Задания
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 оформлять их результаты	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 ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в	ПК-2.1: Знать современные подходы к описанию и моделированию локализации колебаний и неустойчивости волн в решёточных волновых системах.  ПК-2.2: Уметь выбирать и применять точные и приближённые методы исследования динамики решёточных волновых систем: линеаризации, усреднения, секущей Пуанкаре.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

	<p>планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.3: Владеть навыками исследований в области динамики решёточных волновых систем.</p> <p>ПК-2.4: Уметь анализировать полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.</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: Знать правила оформления рукописей в научных изданиях, специализирующихся в области динамики решёточных волновых систем.</p> <p>ПК-3.2: Уметь представлять результаты исследований динамики решёточных волновых систем.</p> <p>ПК-3.3: Владеть навыками формулировки постановки задачи, изложения методов и результатов исследования на примере анализа динамики волновых решёточных систем.</p>	Задания	<p>Экзамен: Контрольные вопросы Задания</p>

### 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

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

### Содержание разделов и тем дисциплины

-

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

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

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

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

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

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

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

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», 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

Оценка	Критерии оценивания
	на уровне «плохо»

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

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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 отдельным и 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
	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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) 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.

### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

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 - Контрольные вопросы)**

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»

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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).

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2

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).

### 5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции 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).

### 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»,

Оценка	Критерии оценивания
	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 : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 1. Механика / под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 5-е, стер. - М. : Физматлит, 2007. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0819-5 : 217.58., 3 экз.
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.
3. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука , 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Канаков О. И. Динамическая локализация энергии в решеточных системах: основы теории и приложения : учебное пособие / Канаков О. И., Флах С. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 85 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730199&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.mpipks-dresden.mpg.de/~flach/html/dbreather.html>
3. JAVA – приложение для моделирования дискретного бризера (автор А. Мирошниченко)  
[http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~andrey/db\\_anim/db\\_anim.html](http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~andrey/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, компьютерами.

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

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

Заведующий кафедрой: Матросов Александр Валентинович.

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